

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

БІЛЯВСЬКИЙ ВАДИМ ВІТАЛІЙОВИЧ

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ
ОБЛІКУ НА ВИРОБНИЧОМУ СКЛАДІ/ COMPUTER-INTEGRATED
SYSTEM FOR AUTOMATION OF ACCOUNTING IN A PRODUCTION
WAREHOUSE

спеціальність:174—Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

освітньо-професійна програма - Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані
технології

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня
“Магістр”

Виконав студент групи АКІТм-21
В. В. Білявський

Науковий керівник:
к.т.н.,доц. Гуменний П.В.

Кваліфікаційну роботу допущено до захисту:

; _____ 2025р.

Завідувач кафедри

_____ А.І.Сегін

Тернопіль2025

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"
спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сегін
“ _____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
БІЛЯВСЬКИЙВадимВіталійович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

Комп'ютерно-інтегрована система автоматизації обліку продукції на
виробничому складі/Computer-
integratedautomationsystemforproductaccountingintheproductionwarehouse

керівник роботи к.т.н.,Гуменний П.В.

затверджені наказом по університету від "28" грудня 2024 р. №938.

2. Строк подання студентом закінченої випускної кваліфікаційної роботи

01 грудня 2025р.

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи:

1. Виробничо-складські процеси поліграфічного підприємства

1.1. Процеси надходження матеріалів на виробничий склад

1.2. Процеси зберігання, переміщення та видачі матеріалів у виробництво

2. Технічні та програмні засоби автоматизації складського обліку

2.1 Оптичні та сенсорні засоби контролю руху матеріалів

2.2. Промислові контролери та пристрої збору даних

2.3. Програмні засоби реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи обліку
(бази даних, веб-інтерфейс, серверна логіка)

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Дослідження існуючих методів і засобів обліку матеріалів та готової
продукції

2.Розробка структури комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації обліку
продукції

3. Моделювання роботи системи обліку продукції та аналіз її ефективності

4. Оцінка економічної доцільності впровадження розробленої системи

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

1. Алгоритм автоматизованого обліку руху матеріалів

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	П.В. Гуменний к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		
2	П.В. Гуменний к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		
3	П.В. Гуменний к.т.н., доцент, доцент кафедри СКС		

7. Дата видачі завдання 12 грудня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА	12.2024р. – 02.2025р.	
2	ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДРУКУ ТА ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ	03.2025р. – 06.2025р.	
3	КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЧОМУ СКЛАДІ	07.2025р. – 11.2025р.	

Студент _____
(підпис)

Білявський В.В.

Керівник роботи _____
(підпис)

к.т.н., доцент Гуменний П.В.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1. Загальна характеристика підприємства ТОВ «Drukarna».....	10
1.2. Дослідження процесу виготовлення друкованої продукції.....	12
1.3. Дослідження процесів використання компонентів для друкування газет.....	16
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДРУКУ ТА ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ.....	21
2.1. Дослідження засобів вимірювання та контролю якості продукції.....	21
2.2. Дослідження процесів обліку матеріалів і продукції на виробничому складі.....	34
2.3. Дослідження програмно-технічних засобів обліку продукції.....	38
РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЧОМУ СКЛАДІ.....	47
3.1. Інтеграція інтелектуально оптичних сенсорів для оптимізації рулонно офсетного друку.....	45
3.2. Аналіз інтеграції автоматизації обліку продукції.....	50
3.3. Розробка алгоритму обліку продукції на виробничому складі з використанням нейромереж.....	59
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДАТОКА.....	68

ВСТУП

Актуальність теми у сучасних умовах інтенсивного розвитку інформаційних технологій одним із ключових напрямів підвищення ефективності виробничої діяльності є автоматизація управлінських і облікових процесів. Особливої актуальності це набуває для підприємств, діяльність яких пов'язана з обробкою великої кількості матеріалів, ресурсів і продукції. Для поліграфічних підприємств, таких як ТОВ «Drukarnya», ефективний облік матеріалів на складі є критично важливим чинником, що безпосередньо впливає на собівартість продукції, строки виконання замовлень та фінансові результати компанії.

Зважаючи на значні обсяги постачань, різноманітність номенклатури товарно-матеріальних цінностей (папір, фарба, розчинники, обладнання, запчастини, тощо), а також необхідність швидкого обміну інформацією між підрозділами підприємства, традиційні методи ручного обліку вже не відповідають вимогам сучасного виробництва. Відсутність автоматизованої системи обліку призводить до затримок у роботі, виникнення помилок у звітності, складності контролю за рухом матеріалів і неможливості своєчасного аналізу залишків.

Автоматизація обліку продукції на виробничому складі дозволяє підвищити точність, оперативність і прозорість управлінських процесів. Комп'ютерно-інтегровані системи забезпечують єдину інформаційну базу для зберігання даних про рух матеріалів, інтегруються з бухгалтерськими системами, забезпечують можливість аналізу та прогнозування потреб підприємства. Такі рішення значно знижують вплив людського фактору та сприяють ефективнішому використанню ресурсів.

Мета кваліфікаційної роботи — розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи обліку продукції на виробничому складі друкарні.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз виробництва продукції та використання матеріалів.

2. Дослідити сучасні методи обліку матеріалів та існуючі програмні рішення.
3. Розробку системи обліку використання матеріалів для виготовлення продукції.
4. Розробити імітаційні функціональні можливості системи обліку продукції у середовищі Matlab і Simulink.
5. Провести комп'ютерне моделювання системи.

Об'єкт дослідження — технологічна процеси обліку матеріалів і продукції на виробничому складі друкарні.

Предмет дослідження — система автоматизації обліку продукції з використанням комп'ютерно-інтегрованих систем.

Методи дослідження: системний підхід, розроблення інформаційних систем, моделювання бізнес-процесів та опрацювання даних.

Наукова новизна роботи. Полягає у аналізі і розробці автоматизованої системи обліку продукції на виробничому складі, на основі комплексного удосконаленнями друкарського зарядного механізму датчиками та системою яка отримує дані та здійснює розрахунок використання матеріалів і обліку виробництва продукції. Запропоноване рішення дозволяє оптимізувати процес обліку продукції на виробничому складі

Практична значущість роботи полягає у створенні системи, яка забезпечує ефективне управління матеріальними потоками підприємства, зменшення трудомісткості облікових процесів, підвищення точності звітності та оптимізацію виробничих ресурсів.

Апробації. Білявський В.В. Комп'ютерно-інтегрована система автоматизації обліку продукції на виробничому складі/ Білявський В.В.// ІКСМ-конференція молодих вчених.-2025.-Тернопіль.-с.61-64.

Гуменний П.В. Комп'ютерно-інтегрована графічна модель автоматизації обліку продукції на виробничому складі/ Гуменний П.В., Білявський В.В.//Науково-практичний симпозіум Технології інтернету речей: системи – та рішення.-с.71-77.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальна характеристика підприємства ТОВ «Drukarnya»

ТОВ «Drukarnya» — «сучасне поліграфічне підприємство, що спеціалізується на виготовленні широкого спектра друкарської продукції: від рекламних матеріалів і журналів до пакувальних етикеток і корпоративних видань. Підприємство має повний виробничий цикл, який включає підготовку макетів, друк, обробку готової продукції, контроль якості та відвантаження замовникам»[1].

Одним із ключових елементів роботи підприємства є організована система матеріально-технічного забезпечення. На території друкарні функціонує виробничий склад, який виконує завдання із прийому, обліку, зберігання та видачі матеріалів, необхідних для виробничих процесів. Серед матеріалів, що зберігаються на складі, — рулони паперу з різних країн постачання (Фінляндія, Польща, Німеччина), друкарські фарби, хімічні реагенти для очищення обладнання, мастильні матеріали, запасні частини, паливо, електродвигуни, інструменти.

Організаційна структура ТОВ «Drukarnya», що спеціалізується на випуску газет, журналів і книг, являє собою сукупність управлінських органів та внутрішніх підрозділів підприємства. Вона містить перелік керівних ланок і всіх функціональних відділів, а також відображає розподіл відповідальності та повноважень між ними. Така структура визначає взаємозв'язки між основними та підпорядкованими підрозділами, сприяючи ефективному та раціональному прийняттю управлінських рішень для досягнення цілей компанії. Схему управління подано на рисунку 1.1.

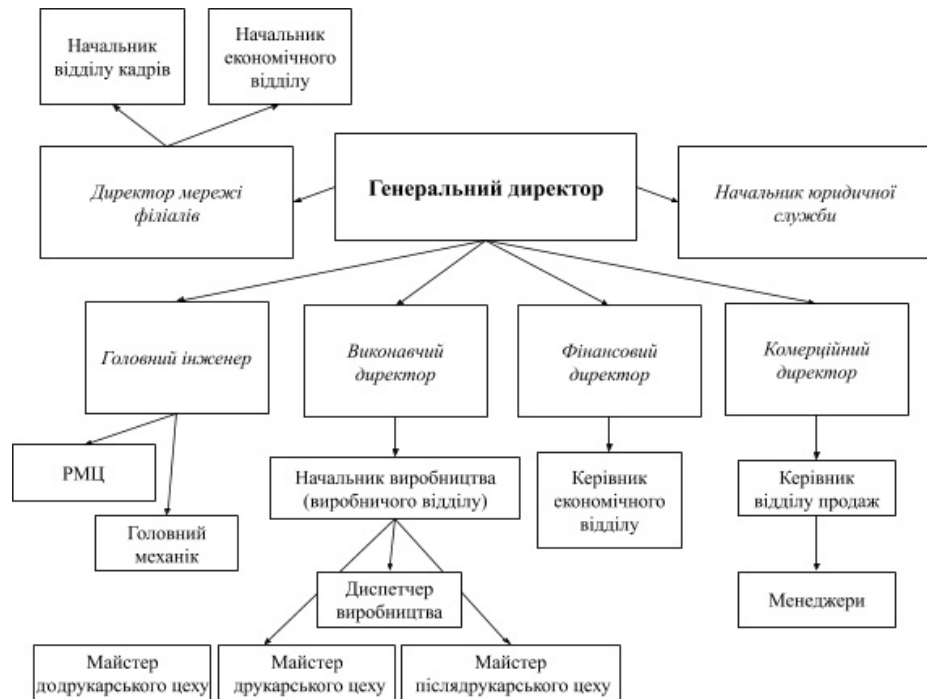


Рисунок 1.1 - Організаційна структура підприємства

«Підприємство працює за моделлю централізованого постачання, при якій усі матеріали спочатку надходять на склад, проходять етап прийому, реєстрації та зберігання, а потім — списання у виробництво»[2].

Таблиця 1.1 - Структура складського господарства

№	Категорія матеріалу	Опис / приклади	Країна постачання	Одиниця виміру	Середній місячний обсяг
1	Папір друкарський	Рулони різних форматів	Словенія, Швеція, Норвегія	кг	12000
2	Термальні друкарські пластини	Пластини різних форматів	Китай	м	48000
3	Фарби поліграфічні	Чорна, кольорова	Німеччина, Італія	кг	3200
4	Хімія та розчинники	Засоби очищення, спирти,	Україна	л	4000
5	Запасні частини	Двигуни, ремені, вали	Китай, Польща, Німеччина	шт	250
6	Паливо та мастила	Дизель, оливи, мастила	Україна, Німеччина	л	1500

Матеріали які постачаються проходять такі етапи, які відображенні на рисунку 1.2:

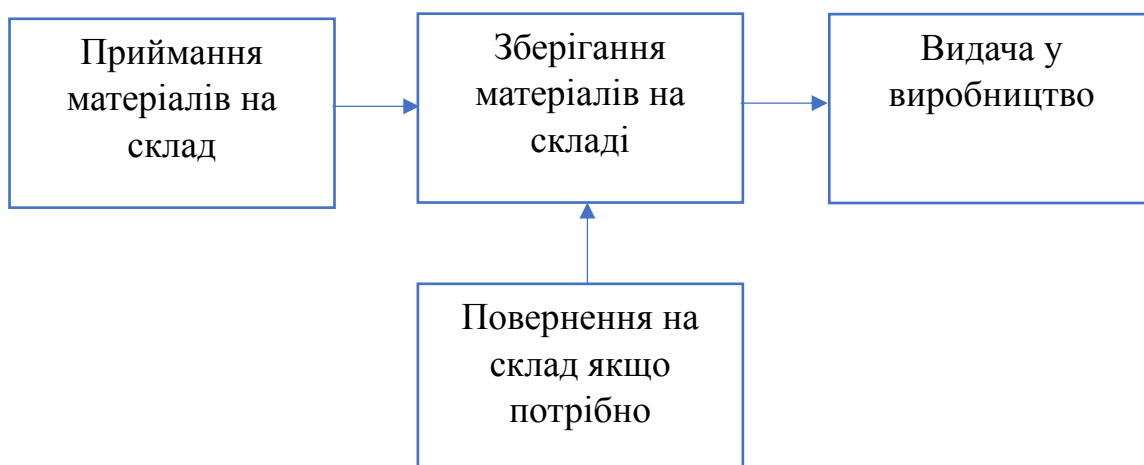


Рисунок 1.2 - Принцип обігу матеріалів

«Підприємство здійснює виробництво за технологією офсетного друку, яка сьогодні є однією з ключових у поліграфічній сфері»[3]. Це найпоширеніший метод нанесення зображення, що забезпечує стабільно високу якість відбитків навіть на великих обсягах. Офсет дозволяє отримувати чіткі, деталізовані та насичені повноколірні зображення на різних видах паперу й картону, забезпечуючи точну передачу дрібних елементів та півтонів.

Попри те, що підготовчий етап перед запуском офсетного друку є доволі складним, тривалим і вимагає додаткових витрат, сам процес друку відбувається швидко й ефективно. Однак для невеликих накладів такий спосіб малорентабельний: вигода з'являється лише при збільшенні тиражу, адже собівартість одного примірника суттєво зменшується зі зростанням кількості відбитків.

1.2. Дослідження процесу виготовлення друкованої продукції

«Для виготовлення продукції використовується друкарська машина офсетного друку ManUniman 4/2 S. Це повнокольорова рулонна офсетна друкарська машина для друку газет, книг та інших видань»[4]. Призначена для

друку газети в таблоїдному форматі(235x315мм) і має 1 модуль для друку до 16 сторінок в чотирьохколірному форматі 4/4 (кольорів). Офсетний друк є одним з найпопулярніших способів друку в поліграфії, за допомогою якого виготовляється 80% усіх поліграфічних матеріалів. На сьогодні саме офсетний друк займає провідну позицію в поліграфії — за його допомогою створюється приблизно 80% усієї друкованої продукції. Суть технології полягає у перенесенні зображення з друкарської форми не напряму на папір, а через офсетний циліндр, який виконує функцію проміжного елемента. На формі розміщується зображення або елементи дизайну, що залишаються незмінними протягом усього циклу друку.

У процесі роботи фарба спочатку наноситься на металеву пластину або гумове офсетне полотно, а вже з нього — на матеріал. Завдяки використанню проміжного циліндра фарба рівномірно передається на поверхню, що дозволяє отримати яскраві, насичені та високоякісні друковані відбитки.

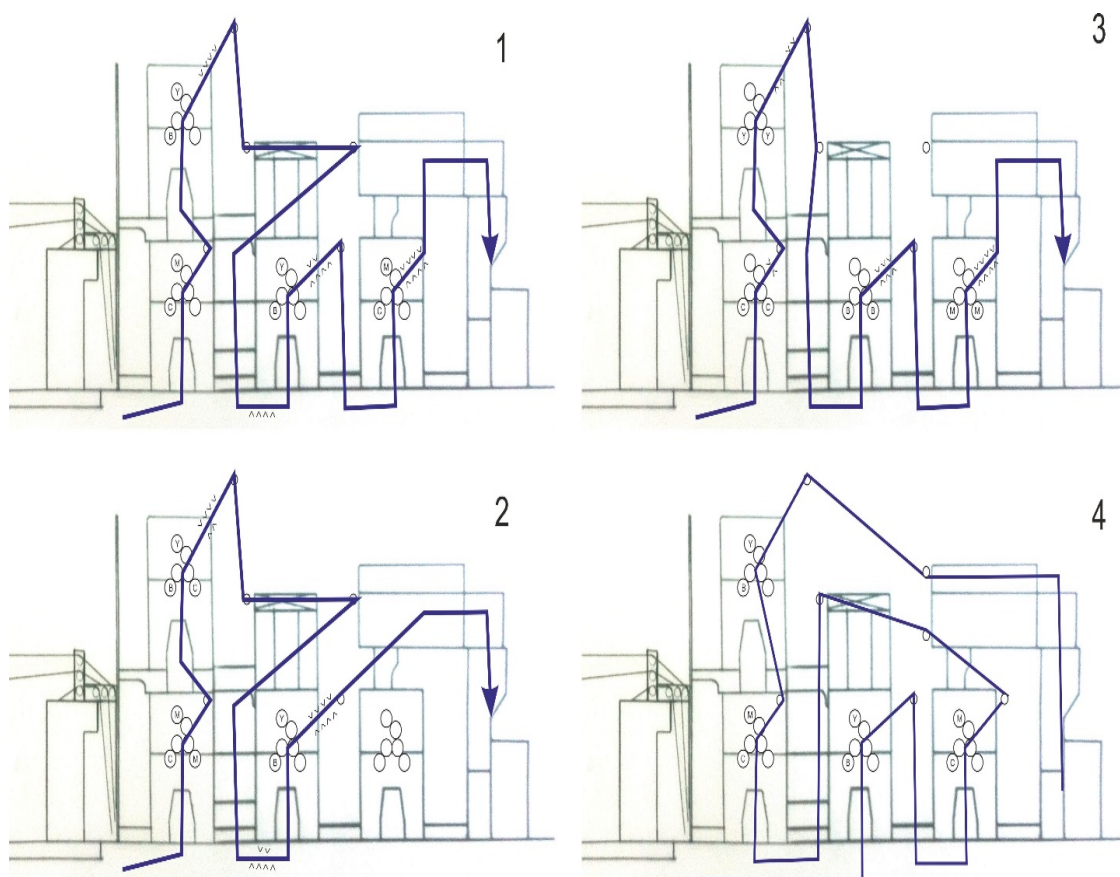


Рисунок 1.3- Принцип роботи офсетної друкарської машини.

На рисунку також представлено 4 варіанти проводки паперу в секціях де вони контактують з різними валами. Одні вали натягують папір і тягнуть його, інші вали відбивають зображення на папір. На початку машини стоять зарядні установки де заряджаються рулони з папером і з них проводиться папір в машину.

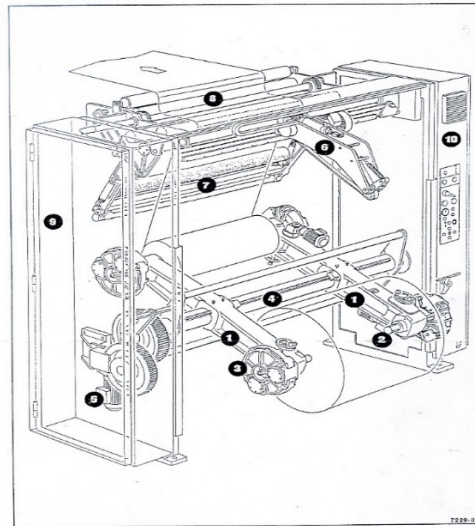


Рисунок 1.4-Схема роботи механізму зарядки рулонів

Рулон привозиться зі складу навантажувачем в цех після чого, з рулону розрізається та знімається твердий картонний амбалаж, рулон накатується на рухомий візок (рис 1.2.3), в рулон засовується вал і підвозиться до рухомого механізму на якому фіксується вал з рулоном до механізму і закриваються замки.

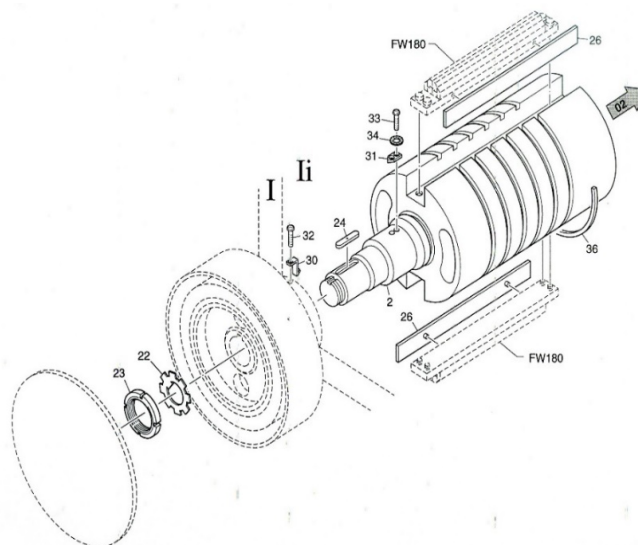


Рисунок 1.5- Фальцювальний апарат

Папір пройшовши від рулону через всю машину проходить через воронку де складається в половину і попадає в фальцювальний апарат. В фальцювальному апараті папір складається по сторінках і ріжеться ножом. Таким чином отримується готова газета або сторінки книжок. Після чого вони їдуть конвеєрними лініями (рисунок 1.2.5) в стекер (рисунок 1.2.6) який складає певну кількість газет і передає в обв'язувальну стрепінг машину (рисунок 1.2.7) яка пакує їх в пачки.

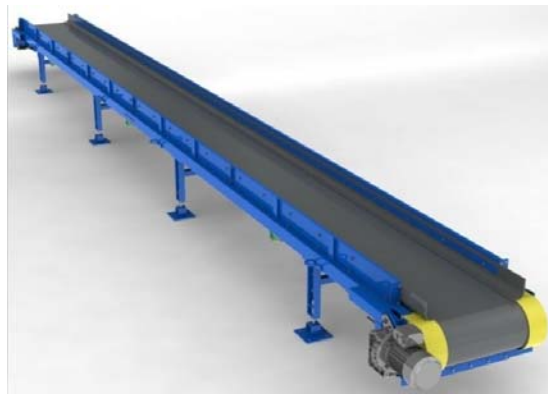


Рисунок 1.6- Конвеєрна лінія

Конвеєрна лінія вмикається коли починається друк тиражу. Газета подається з фальцювального апарату на лінію яка рухається з певною швидкістю, подаючи газету в стекер. Регулятори швидкості руху і вмикачі знаходяться на блоці управління самої лінії.



Рисунок 1.7- Стекер складання газет

Стекеротримуючи газети підбиває та вирівнює їх, щоб вони подавались і склались рівно формуючи пачку. Він складає певну кількість газетперевертаючи на протилежну сторону для того щоб вони тримались пачкою і не розлітались і видає її. На ньому є блок управління де регулюється кількість газет і швидкість складання.



Рисунок 1.8- Обв'язувальна стрепінг машина

Машина подає стрічку з бухти обв'язуючи пачку газет, стрічка зтягується і припаюється паяльником який знаходиться на виході подачі стрічки. Сила зтягування пачки стрічкою і швидкість знаходяться на блоці управління обв'язувальної машини.

1.3. Дослідження процесів використання компонентів для друкування газет.

Офсетний друк — це технологія, при якій фарба не переходить із друкарської форми безпосередньо на матеріал, а спочатку переноситься на офсетний (проміжний) циліндр, і вже з нього — на папір чи іншу поверхню. Основою процесу є спеціально підготовлена друкарська пластина, на якій формується зображення. Спершу фарбовий шар наноситься на пластину, потім на гумове офсетне полотно, а далі перенесення здійснюється на друкований матеріал. Завдяки такому проміжному етапу відбиток виходить не дзеркальним, а у правильній орієнтації.

«При офсетному методі зображення передається шляхом тиску, а використання еластичного гумового полотна забезпечує якісний контакт із різними видами поверхонь»[6]. Самі друкарські машини для реалізації цієї технології мають складну конструкцію, що пояснює їх високу вартість і технічну складність.

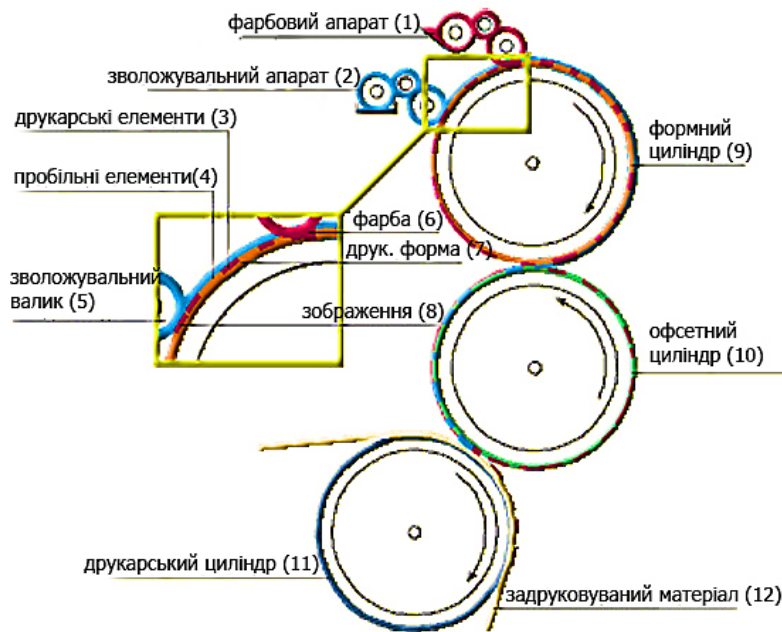


Рисунок 1.10- Принцип офсетного друку газет

Фарба наноситься на форму шляхом прокатування по ній валів, вони покриті шаром фарби, яка передається з форми на папір. Для якісного виконання друкарського процесу необхідно дотриматися кількох ключових умов. По-перше, фарба має рівномірно розподілятися по валиках і циліндрах фарбового апарата, на друкарській формі та на задрукованому матеріалі. По-друге, важливо, щоб фарба надійно прилипла до поверхні валиків, форми та паперу, а під час передавання її шару відбувався контрольований розподіл.

Однак лише цих вимог недостатньо для отримання якісного відбитка. Якщо фарба, перенесена з форми на папір, не фіксується достатньо швидко, вона може розмазуватися або перетягуватися. Тому критичною є третя умова – надійне закріплення фарби на папері, що повністю унеможливує її повторне відривання чи зміщення.

Узагальнено можна розглянути кілька варіантів взаємодії фарбового шару з твердими поверхнями:

1. фарба повністю відділяється від друкарського елемента;
2. фарба не прилипає до паперу і повертається на форму;
3. шар фарби розривається всередині себе, частково залишаючись на формі та частково переходячи на папір.

Очевидно, що перші два варіанти непридатні для друкарського процесу: у першому випадку неможливо нанести фарбу на форму, у другому — немає переходу фарби на папір. Це означає, що сила адгезії між фарбою та папером у таких умовах надто низька. Такі ситуації інколи виникають під час друку на папері з поверхневим проклеюванням, який гірше сприймає фарбу.

У реальному друці повне змочування поверхонь фарбою є небажаним, оскільки воно призведе до покриття як друкувальних, так і пробільних елементів форми, або до надмірного розтікання фарби по паперу. Тому фарба має змочувати і форму, і матеріал тільки частково. Надлишкове зволоження (навіть якщо воно неповне) є шкідливим, оскільки викликає глибоке проникнення фарби в поверхню паперу. Це може спричинити просвічування на звороті аркуша та розширення растрових елементів, що погіршує якість зображення.

На процес зволоження впливають різні фактори: ступінь чистоти форми, наявність оксидної плівки, мікрошорсткість паперу, наявність вологи, властивості поверхневого покриття. Також впливають тонкі повітряні плівки, що утворюються на поверхні друкарської форми, офсетного полотна та паперу. Навіть незначна кількість вологи, потрапивши на шорсткий чи пористий матеріал, може суттєво змінити процес змочування.

Прилипання фарби до паперу визначається властивостями її зв'язувальних речовин, характеристиками пігментів та молекулярною будовою паперових волокон. Наприклад, папір із целюлози, виготовленої з листяних порід дерев, зазвичай має кращу здатність до змочування друкарськими фарбами.

Щоб забезпечити високу якість друкарського відбитка, фарба має не лише рівномірно лягати на поверхню, а й надійно фіксуватися на ній. Підвищення швидкості друку зменшує в'язкість фарби, і це використовується на практиці. Фарби для плоского друку мають у 7–8 разів більшу в'язкість, ніж фарби для ротаційних машин. Але знижувати в'язкість до надмірно низької величини не можна, оскільки це збільшує ймовірність розпливання фарбового шару та зменшує інтенсивність фарбування через втрату пігментної концентрації.

Недостатній тиск між формою та папером також шкодить якості, тому що при слабкому притисканні молекулярні сили прилипання фарби недостатні для її переходу на папір. Водночас надмірний тиск також неефективний: коли папір уже деформований до межі контакту, подальше його зминання не покращує перенесення фарби.

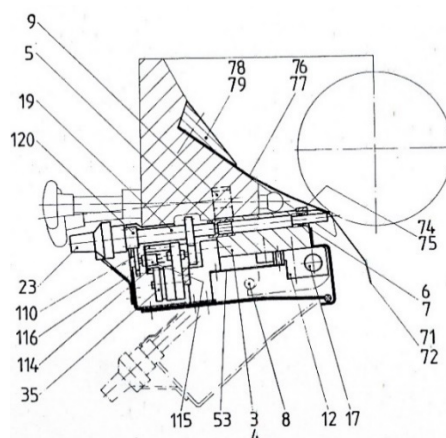


Рисунок 1.11- Фарбовий апарат

Насоси перекачують фарбу з бочок подаючи їх в фарбові апарати які заповнюють фарбою ємності (каретки). Які вже в свою чергу дозовано подають фарбу в систему подачі фарби на вали.

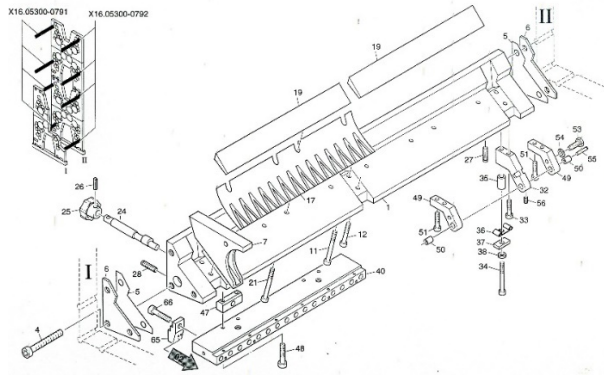


Рисунок 1.12- Ємність для фарби

«Зображення на пластинах виготовляються по технології СТР.

Пластина

обертається на барабані, в процесі обертання лазер записує зображення на пластині»[7]. Технологія СТР є однією з найпоширеніших видів виготовлення зображення на термальних пластинах в поліграфії. Друкарська пластина має багат шарову структуру, що включає основу з алюмінію, робочий друкарський шар та тонкий термочутливий шар завтовшки менше 1 мікрметра. Формування зображення відбувається під дією випромінювання в області, близькій до інфрачервоного спектра. «Під час експонування поверхня нагрівається, у результаті чого на пластині утворюються ділянки, відповідні майбутньому зображенню»[8].

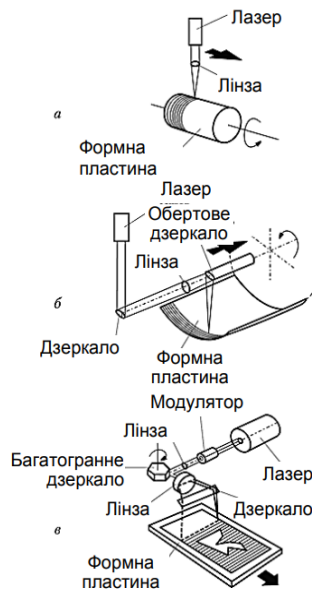


Рисунок 1.13- Принцип виготовлення зображення на пластині.

Пластини намотуються на форму циліндра в друкарській машині

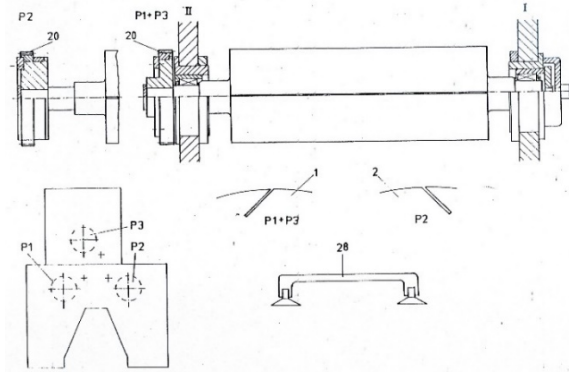


Рисунок 1.14- Форма для закріплення пластини

Пластина вставляється в щілину і включається повільне обертання форми. Таким чином пластина намотується повністю на форму, кінець вставляється в другу щілину і замикаються замки які фіксують її на формі.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДРУКУ ТА ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Дослідження засобів вимірювання та контролю якості продукції

В умовах постійного збільшення обсягів матеріалів та необхідності швидкого контролю за запасами, автоматизація обліку стає критичним фактором ефективності.

Використання комп'ютерно-інтегрованої системи дозволяє:

- зменшити кількість ручних операцій;
- підвищити точність звітів;
- інтегрувати складський облік із бухгалтерським і виробничим модулями;
- забезпечити швидке оновлення даних у реальному часі.

Система автоматизації забезпечує централізований контроль усіх етапів руху матеріалів — від прийому до списання. Вона формує автоматизовані звіти про надходження, залишки, витрати, вартісний облік та формування актів списання.

«Колориметрія – наука про методи, вимірювання та кількісне вираження кольору, а також про сукупність таких методів і засобів. Знання колориметрії дає змогу розширити групу методів кількісного аналізу на основі визначення концентрації речовини в кольоровому розчині шляхом вимірювання кількості світла, поглиненого цим розчином. RGB це одна з найпоширеніших і часто використовуваних моделей. Як і монітори, прожектори, фільтри тощо. Ця кольорова модель заснована на трьох основних кольорах: червоний – червоний, зелений – зелений і синій – синій. У системі RGB в якості основних стимулів були отримані три монохроматичні довжини хвилі: $\lambda_R = 700$ нм, $\lambda_G = 546,1$ нм, $\lambda_B = 435$ нм. Основним стимулом є білий рівноважний колір»[9].

Колориметрія вивчає способи вимірювання кольору та методи його кількісного опису, а також поєднання цих методів із відповідними вимірювальними приладами. Розуміння основ колориметрії дає змогу розширити спектр аналітичних методів, заснованих на визначенні концентрації речовин у розчинах за кількістю світла, яке такий розчин поглинає.

Ця модель кольору належить до адитивних систем: збільшення інтенсивності кожного з трьох базових кольорів приводить до зростання яскравості утвореного відтінку. При максимальній яскравості всіх компонентів результатом є білий колір, тоді як повна їх відсутність сприймається як чорний.

Оскільки параметри базових кольорів і точка білого залежать від характеристик конкретного обладнання (наприклад, люмінофора в дисплеї), одне й те саме зображення може виглядати по-різному на різних моніторах чи дисплеях.

Таблиця значення кольорів

Колір	Діапазон довжин хвиль, нм	Діапазон частот, ТГц	Діапазон енергії фотонів, еВ
Червоний	625—740	405—480	1,68—1,98
Помаранчевий	590—625	480—510	1,98—2,10
Жовтий	565—590	510—530	2,10—2,19
Зелений	500—565	530—600	2,19—2,48
Блакитний	485—500	600—620	2,48—2,56
Синій	440—485	620—680	2,56—2,82
Фіолетовий	380—440	680—790	2,82—3,26

«Рисунок 2.1 – Таблиця з параметрами та характеристиками кольорів»[10].

Координатна система RGB подається у вигляді куба, у якому точка з координатами (0,0,0) відповідає абсолютно чорному кольору. Найвище значення (1,1,1) – характеризує білий колір.

Усі кольорові моделі, у тому числі RGB, створені як інструменти для практичного опису кольорового простору. Вони є математичними конструкціями, а не прямим відображенням фізіології людського зору. Їх основа — принцип простору Гібельта. На рисунку зображено трикутниккольорового простору sRGB, який є частиною площини X,Y, сформованої відповідно до колориметричної системи CIE 1931.

На відмінну від адитивної моделі RGB, субтрактивні кольори формуються шляхом «віднімання» частини спектра з падаючого світла. У такій системі білий колір отримується тоді, коли відсутні будь-які барвники, а змішування всіх кольорів утворює чорний.

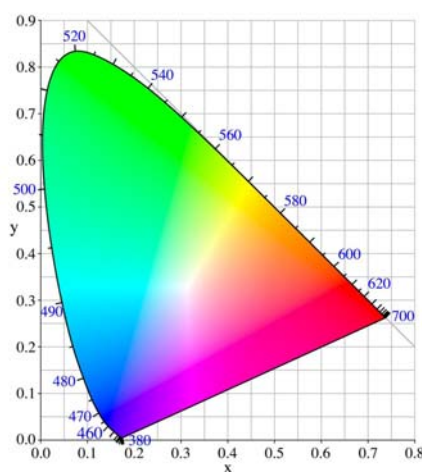


Рисунок 2.2 – Графічне відображення кольорового трикутника.

«У кольоровій моделі СМҮК базові кольори отримуються шляхом «віднімання» компонентів адитивної моделі RGB від білого кольору»[11]. Такий підхід називають субтрактивним, адже колір формується не додаванням світла, а поглинанням певних частин спектра. Основними кольорами в цій системі є блакитний (результат вилучення червоного), пурпуровий або фуксиновий (отримується при відніманні зеленого) та жовтий (утворюється при вилученні синього). Цю тріаду широко застосовують у поліграфії, оскільки її легко відтворити друкарськими фарбами.

При поєднанні двох субтрактивних кольорів інтенсивність результату зменшується, що є протилежністю до системи RGB. Коли жодна з фарб не використовується, отримуємо білий колір — тобто натуральний колір паперу. Таким чином, модель СМҮ описує відбитий світловий потік і належить до класу субтрактивних моделей. Подібно до RGB, вона зображається у вигляді куба, але її нульова точка відповідає координатам RGB (1,1,1), тобто білому кольору.

СМҮК (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black) є вдосконаленим варіантом системи СМҮ і містить чотири канали замість трьох. Додатковий чорний компонент уведений тому, що реальні друкарські фарби не можуть ідеально відтворювати теоретичний глибокий чорний при змішуванні лише голубого, пурпурового та жовтого пігментів. Це пов'язано з домішками та фізичними властивостями фарб. Тому чорний використовується окремо, щоб забезпечити насиченість темних ділянок, чіткість тексту та економію фарби.

Позначення «К» це чорний, адже чорний шар виступає своєрідним «ключем» для формування деталізації зображення. На відмінну від абстрактних теоретичних моделей RGB чи СМҮ, СМҮК є практично орієнтованою системою, що відображає реальну поведінку друкарських барвників. Вона залежить від характеристик обладнання, типу фарб і паперу.

Основні субтрактивні кольори — блакитна, пурпурова та жовта — у поліграфії змішуються з додаванням чорної фарби для досягнення оптимальної глибини та контрастності. Саме тому CMYK використовується як стандарт у більшості друкарських процесів.

Водночас колірний простір RGB охоплює значно ширший спектр відтінків. Через це яскраві або дуже насичені кольори, які легко відтворюються на екрані в RGB, можуть виглядати блякло або тьмяно після конвертації в CMYK, що є природним обмеженням субтрактивної моделі.

Друкарська справа є однією з ключових галузей, яка забезпечує сучасне суспільство різноманітною друкованою продукцією: газетами, книгами, журналами, тощо. Висока якість друку, дотримання стандартів та економічна ефективність безпосередньо залежать від правильного вимірювання параметрів на кожному етапі виробничого процесу. Тому контроль та вимірювання параметрів займають важливе місце у функціонуванні друкарських підприємств.

Процес виготовлення друкованої продукції умовно поділяється на три основні етапи:

1. Додрукарська підготовка – це початкова стадія, яка охоплює розробку дизайну, підготовку макетів, створення кольороподілених форм, перевірку якості матеріалів та узгодження з технічними вимогами. На цьому етапі використовуються засоби виміральної техніки, такі як денситометри та спектрофотометри, для оцінки точності кольорів і калібрування моніторів і принтерів.

2. Друк – основний етап, де здійснюється перенесення зображення з друкарських форм на папір або інший носій. Для забезпечення стабільності процесу застосовуються різноманітні вимірвальні інструменти, серед яких денситометри, колориметри, віскозиметри для контролю фарб, а також датчики температури та вологості для стабілізації параметрів друкарської машини.

3. Постдрук– фінальний етап, який включає операції, пов'язані з обробкою готової продукції: фальцювання, ламінування, тиснення, обрізання тощо. На цьому етапі для забезпечення точності розмірів і якості обробки використовуються мікрометри, штангенциркулі, а також прилади для контролю клею або ламінованого покриття.

У кожній з цих стадій точність вимірювань є критичною, оскільки будь-які похибки можуть призвести до дефектів у продукції, зниження її естетичних та функціональних характеристик, а також збільшення виробничих витрат.

Дана дипломна робота присвячена аналізу засобів вимірювальної техніки, що використовуються на різних етапах виробничого процесу у друкарні, а також розробці рекомендацій щодо їх вдосконалення.

Вимірювання параметрів друкарського процесу має важливе значення для забезпечення стабільної якості друкованої продукції та оптимізації технологічних процесів. У додрукарській підготовці контроль параметрів кольору та точності дизайну є запорукою отримання бажаного результату на етапі друку. У процесі друку вимірювання дозволяють регулювати рівень кольоровідтворення, товщину шару фарби, якість паперу та інші технологічні показники. Постдрукарська обробка вимагає точності при виконанні механічних операцій, таких як обрізання або складання, щоб готова продукція відповідала встановленим стандартам і вимогам замовника.

Важливим аспектом сучасних технологій є впровадження цифрових систем у процес контролю параметрів. Це дозволяє значно підвищити швидкість вимірювань, збільшити точність результатів та мінімізувати ризики, пов'язані з людським фактором.

Прилади, що застосовуються для вимірювання кольору, працюють за принципом, подібним до роботи людського зору: вони приймають відбитий від поверхні світловий потік, розкладають його за довжинами хвиль і перетворюють у числові показники. Точність та обсяг цих даних залежать від типу обладнання. Інструменти можуть визначати кольориметричні параметри

у вигляді оптичної щільності або інтенсивності (денситометри), фіксувати тривимірні координати кольору (колориметри) чи отримувати повні спектральні характеристики (спектрофотометри).

Усі ці засоби вимірювання виконують те, чого людське око зробити не може: вони надають кольору конкретне числове представлення, що може бути використане для аналізу, контролю якості та оцінки відповідності стандартам. Кожен тип інструментів робить це по-різному.

Найпоширенішими у поліграфії є денситометри. Денситометр — це фотоелектричний прилад, що вимірює частку світла, яке відбивається або проходить через матеріал. Він широко використовується у друкарських процесах, підготовці макетів і фотографії для контролю насиченості та рівномірності кольорів.

Колориметр також вимірює світловий потік, однак, на відміну від денситометра, він розділяє його на три складові — R, G та B, подібно до принципу роботи людського зору чи екрана монітора. Далі ці значення переводяться у координати колірних просторів CIE XYZ або у похідні моделі CIE Lab* та CIE Luv*, після чого результати можуть бути подані у вигляді графічної колірної діаграми.

Спектрофотометр працює на іншому рівні — він реєструє кількість світла, яку поверхня відбиває в різних ділянках видимого спектра. У результаті формується спектральна крива — детальний опис поведінки кольору. Завдяки найповнішому набору даних спектрофотометри вважаються найточнішими й найфункціональнішими приладами. Зібрані ними дані легко конвертувати у колориметричні чи денситометричні показники за допомогою математичних перетворень.

Існують також інструменти, що дозволяють визначати температуру тіла на основі зміни його кольору в нагрітому стані — це так звані кольорові пірометри.

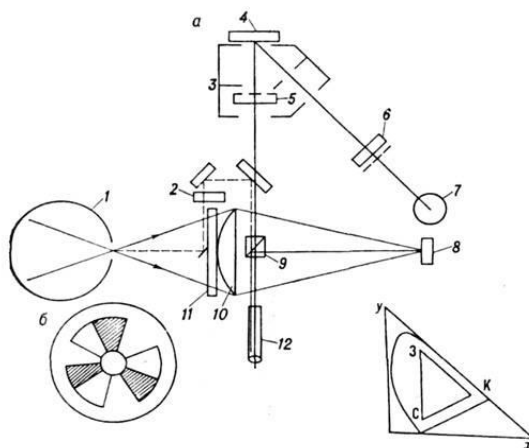


Рисунок 2.3 – Оптична будова колориметра GOI та розташування кольорового трикутника приладу KZS у координатній площині діаграми XYZ

«Компоненти колориметра GOI, які представлені на рисунку 2.3:

а) 1,7 – світильники, 2 - система розведення фільтрів, 3 – тримач коробки, 4 – зразок, 5 – місце для прозорого зразка, 6 – корекційний світлофільтр, 8 – екран змішувача, 9 – фотометричний куб, 10 – конденсатор, 11 – діафрагма зі світлофільтрами (червоним, зеленим і синім).

б) діаграма з червоним, зеленим і синім світлофільтрами;

в) колірний графік приладу»[12].

У приладах візуального типу колір визначають шляхом порівняння двох частин поля зору: в одній області розташований зразок, що досліджується, а в іншій — відтворений приладом колір, утворений змішуванням трьох базових компонентів (червоного, зеленого та синього). Користувач поступово регулює інтенсивність цих складових доти, доки обидві частини не стануть візуально однаковими. Отримана відповідність є метамерною, тобто два кольори можуть відрізнятися за спектральним складом, але виглядати однаково для спостерігача.

Колірні координати визначаються за величиною внеску кожного з базових кольорів, показаного на градуйованих шкалах пристрою, які відповідають площам відповідних фільтрів. Таким чином одержуються координати кольору у внутрішній системі колориметра.

Візуальні колориметри вирізняються простотою використання та можуть забезпечувати високу точність визначення кольорових координат (до 0,03). До їх недоліків належать залежність результатів від суб'єктивного сприйняття оператора та потреба подальшого перетворення отриманих значень у міжнародні стандартизовані системи. Крім того, такі прилади малоефективні для оцінки кольору реальних об'єктів, проте добре підходять для роботи зі зразками.

Фотоелектричні колориметри, на відміну від візуальних, здатні вимірювати як колір випромінювання джерела світла, так і колір світлового потоку, що відбивається або проходить крізь матеріал. Принцип їхньої роботи базується на реєстрації спектрального розподілу енергії випромінювання $\varphi(\lambda)$. Після цього координати X, Y та Z визначають шляхом множення цієї функції на стандартні криві сумарної світлочутливості та подальшого інтегрування.

Якщо фіксується відбите або пропущене світло, додатково враховується спектральний коефіцієнт відбиття чи пропускання $\rho(\lambda)$.

Обробка даних у таких приладах виконується автоматично трьома фотодетекторами, чутливість яких формується корекційними фільтрами та відповідає стандартним колориметричним функціям. Кожен фотодетектор перетворює потік світла у своїй спектральній області в електричний сигнал, тим самим реалізуючи спектральне множення та інтегрування. У підсумку вихідні електричні струми пропорційні значенням колориметричних координат X, Y і Z.

Один із каналів може бути налаштований так, щоб його спектральна чутливість відповідала кривій яскравості, що дозволяє використовувати його як фотометричний канал для вимірювання світності.

Більшість сучасних фотоелектричних колориметрів оснащуються електронним модулем обчислень, який може автоматично переводити координати XYZ у інші колірні простори.

У цьому разі значення кольорових координат обчислюються за відповідними математичними формулами.

Денситометр є одним із основних приладів, що використовуються для контролю якості друкарського відбитка на різних стадіях виробничого процесу. Його головне призначення — вимірювати оптичну щільність фарбового шару, що дає змогу оцінити ступінь насиченості кольорів, рівномірність нанесення фарби та відповідність друкарських параметрів встановленим нормам.

У процесі друку роль денситометра полягає у вирішенні наступних завдань:

1. Контроль товщини шару фарби

Денситометр дозволяє точно визначити, чи нанесено фарбу на поверхню у відповідній кількості. Надмірно товстий шар фарби може призвести до розтікання, довгого висихання та дефектів друку, тоді як недостатня товщина шару впливає на яскравість і насиченість зображення.

2. Забезпечення стабільності кольорів

Під час тиражного друку денситометри використовуються для перевірки, чи стабільні параметри кольоропередачі упродовж усього тиражу. Завдяки цьому інструменту оператори друкарської машини можуть регулювати подачу фарби для уникнення відхилень у кольорі.

3. Калібрування друкарських машин

Денситометр застосовується під час налаштування друкарських машин для забезпечення відповідності друкованих відбитків до міжнародних стандартів, таких як ISO 12647. Це особливо важливо для високоякісного друку, де навіть незначні відхилення від кольорових норм є неприйнятними.

4. Оцінка точності накладання фарб (реєстрація)

Денситометр дає змогу оцінити правильність накладання фарбових шарів один на один, що має вирішальне значення під час багатокольорового друку, зокрема у моделях на кшталт СМҮК.

5. Економія матеріалів

Оптимізація витрат фарби за допомогою контролю щільності дозволяє знизити собівартість продукції без втрати якості.

Типи денситометрів

Денситометри бувають ручними та автоматизованими. Сучасні моделі оснащені додатковими функціями, такими як аналіз тонового діапазону, вимірювання контрасту та контроль розтискування фарби (dotgain).

Застосування денситометра в поліграфічному виробництві допомагає зменшити кількість помилок, підтримувати стабільно високий рівень якості друку, скорочувати витрати на усунення дефектів та підвищувати задоволеність замовників. Тому «цей прилад відіграє ключову роль у забезпеченні високих стандартів роботи друкарських підприємств»[5].



Рисунок 2.4–Денситометр

Спектрофотометр є високотехнологічним інструментом для точного вимірювання кольорів у друкарській справі. Він дозволяє аналізувати спектральні характеристики світла, що відбивається або проходить через зразок, і перетворює ці дані на числові показники, які описують колір відповідно до міжнародних стандартів, таких як CIE Lab. Спектрофотометри є незамінними для забезпечення високої якості друку в таких видах продукції, як журнали, книги та газети, де кольоровідтворення відіграє вирішальну роль.

Спектрофотометр дозволяє перевіряти відповідність друкованих кольорів еталонним значенням, заданим у дизайні або технічному завданні. Це критично важливо для кольорових журналів, де якість зображень впливає на сприйняття продукту.



Рисунок 2.5. –Спектрофотометр

Роль спектрофотометра у друкуванні це забезпечення точного кольоровідтворення

1. Калібрування друкарського обладнання

Для стабільного відтворення кольорів спектрофотометри використовуються для налаштування друкарських машин і профілювання фарб та паперу. Вони забезпечують, щоб відбитки відповідали стандартам, наприклад ISO 12647 (стандарти кольорового друку).

2. Контроль кольорів під час тиражного друку

У великих тиражах (як-от газети) спектрофотометри допомагають оперативно контролювати параметри друку, зокрема відхилення кольорів, контрастність і тоновий діапазон. Це дає змогу знизити ймовірність браку в середині тиражу.

3. Створення кольорових профілів

Спектрофотометр використовується для створення ICC-профілів, що описують характеристики друкарських матеріалів (фарб, паперу) та дозволяють досягти коректного відтворення кольорів на різних пристроях (монітор, принтер, друкарська машина).

4. Вимірювання кольору паперу та покриттів

У книжковому та газетному друці спектрофотометр допомагає оцінити білизну паперу, його прозорість або якість покриття, що впливає на підсумковий результат.

У журнальному друці спектрофотометри застосовуються для забезпечення насиченості та яскравості кольорів зображень, особливо у глянцевих виданнях, де важливо досягти максимальної візуальної привабливості.

У друці книг спектрофотометри забезпечують однорідність кольору обкладинки, збереження точності кольорів у художніх ілюстраціях, а також контроль відповідності чорного тексту стандартам чіткості й насиченості.

У газетному виробництві спектрофотометри використовуються для контролю контрасту та насиченості фарб у швидкому офсетному друці, де важлива стабільність кольорів навіть при низькій якості паперу.

«Спектрофотометр є важливим інструментом, що дозволяє забезпечити якість друку на високому рівні, підвищити продуктивність друкарень і задовольнити потреби навіть найвибагливіших замовників.

Колориметр є важливим інструментом у друкарській галузі для вимірювання та контролю кольору. На відміну від спектрофотометра, який аналізує спектр світла, колориметр вимірює колір на основі стандартних моделей, таких як CIE Lab, RGB або XYZ»[13]. Його простота, зручність і швидкість роботи роблять його незамінним для оперативного контролю кольорів у таких видах продукції, як газети, журнали та книги.



Рисунок 2.6–Колориметр

Роль колориметра у друкуванні

1. Контроль якості кольору.

Колориметр дозволяє оперативно перевіряти відповідність кольорів друкованих матеріалів до заданих стандартів, що є важливим для забезпечення узгодженості продукції.

2. Забезпечення кольорової узгодженості

Особливо у друці журналів та книг, де кольори на обкладинках і сторінках повинні виглядати однаково на різних етапах друку або у різних тиражах.

3. Швидке налаштування друкарського обладнання

Колориметри використовуються під час початкового калібрування друкарської машини для налаштування кольорів, що дозволяє зменшити витрати часу та матеріалів.

4. Оперативний контроль під час тиражу

«Колориметри допомагають швидко оцінити та коригувати колір під час

друку великих тиражів газет, щоб уникнути помітних відхилень кольорів на кінцевому продукті»[14].

У газетному друці, який зазвичай здійснюється на папері середньої або низької якості, колориметри використовуються для підтримання однорідності кольору між сторінками. Це важливо для кольорових рекламних блоків, які часто розміщуються на сторінках газет.

Колориметр є важливим інструментом для друкарень, які прагнуть досягти якісного кольоровідтворення без значних витрат часу і ресурсів. У поєднанні зі спектрофотометрами або денситометрами він забезпечує комплексний контроль якості, що особливо важливо для масового друку, такого як газети, і високоякісної продукції, такої як журнали та книги.

2.2. Дослідження процесів обліку матеріалів і продукції на виробничому складі

На складі ТОВ «Drukarna» здійснюються такі основні процеси:

1. Приймання матеріалів — від постачальників або внутрішніх підрозділів.
2. Реєстрація надходжень — фіксується у внутрішніх журналах або електронних таблицях.
3. Зберігання — матеріали розміщуються у визначених зонах складу відповідно до категорій.
4. «Видача у виробництво — здійснюється за письмовими або електронними заявками цехів»[15].
5. Списання та звітність — на підставі актів використання матеріалів.

Нині частина облікових операцій здійснюється вручну, що призводить до низки труднощів:

- дублювання записів у паперових журналах і електронних таблицях;
- складність контролю за залишками;
- відсутність аналітичних звітів;

№	Проблема	Наслідки	Можливе рішення
1	Відсутність централізованої бази даних	Дублювання записів, плутанина	Впровадження єдиної бази обліку
2	Ручний підрахунок залишків	Помилки у звітах	Автоматичне оновлення даних
3	Затримки у звітності	Несвоєчасні рішення керівництва	Реальний час оновлення інформації
4	Людський фактор	Помилки при внесенні даних	Валідація введення
5	Відсутність аналітики	Складність прогнозування	Інтеграція модулів аналітики

- затримки у передачі інформації між складом і бухгалтерією.

Таблиця 2.1 - Потік інформації між відділами при обліку матеріалів

Для аналізу ефективності проведено порівняння між ручним і автоматизованим способами обліку.

Таблиця 2.2 - Потік інформації між відділами при обліку матеріалів

Показник	Ручний облік	Автоматизований облік
Час на обробку даних	3–5 годин	10–15 хвилин
Імовірність помилки	15–20%	1–2%
Оновлення звітності	Раз на тиждень	У реальному часі
Доступ до історії даних	Обмежений	Повний
Прозорість обліку	Низька	Висока

Основна мета створення комп'ютерно-інтегрованої системи — автоматизація обліку матеріалів і продукції на складі підприємства ТОВ «Поділля-Тер» з можливістю подальшої інтеграції з бухгалтерськими й виробничими модулями.

Основні завдання системи:

- централізований облік усіх матеріалів, що надходять і витрачаються у виробництві;
- створення єдиної бази даних з актуальними залишками;
- автоматичне формування звітів про надходження, рух і списання;
- обмеження доступу користувачів відповідно до їхніх ролей;
- формування статистичних і аналітичних показників.

Система має підтримувати багаторівневу структуру доступу:

- Адміністратор - управління, налаштування системи, контроль бази даних.
- Комірник — введення даних про приймання та списання матеріалів.

Таблиця 2.3 - Функціональні та нефункціональні вимоги до системи

№	Тип вимоги	Опис
1	Функціональна	Облік надходження, зберігання, видачі й списання матеріалів
2	Функціональна	Формування звітів за періодами

3	Функціональна	Авторизація користувачів за ролями
4	Нефункціональна	Сумісність з MS SQL Server
5	Нефункціональна	Час відповіді запиту — не більше 2 сек
6	Нефункціональна	Захист від несанкціонованого доступу
7	Нефункціональна	Можливість масштабування системи

«Бізнес-процеси, які охоплює система:

1. Облік поставчань — фіксація даних постачальників, кількості та дати надходження.
2. Складський облік — збереження інформації про місцезнаходження матеріалів.
3. Видача у виробництво — контроль заявок і автоматичне списання.
4. Звітність — формування аналітичних звітів для бухгалтерії та керівництва»[16].

Система реалізується за принципом клієнт-серверної архітектури, де клієнтська частина відповідає за введення і відображення даних, а серверна — за їх обробку, збереження й аналітику.

Основні компоненти системи:

1. «База даних (MS SQL Server) — зберігає інформацію про матеріали, поставчання, списання, користувачів, звіти»[25].
2. «Серверна частина (Java) — реалізує логіку обліку, обробку запитів, обмін даними через REST API.
3. Клієнтська частина (JavaScript, HTML, CSS) — забезпечує зручний веб-інтерфейс користувача»[17].
4. Аналітичний модуль — формує звіти, діаграми, графіки.
5. Модуль авторизації — контролює доступ до даних.

(Схема: користувачі → веб-інтерфейс → серверна частина → база даних → аналітичний модуль)

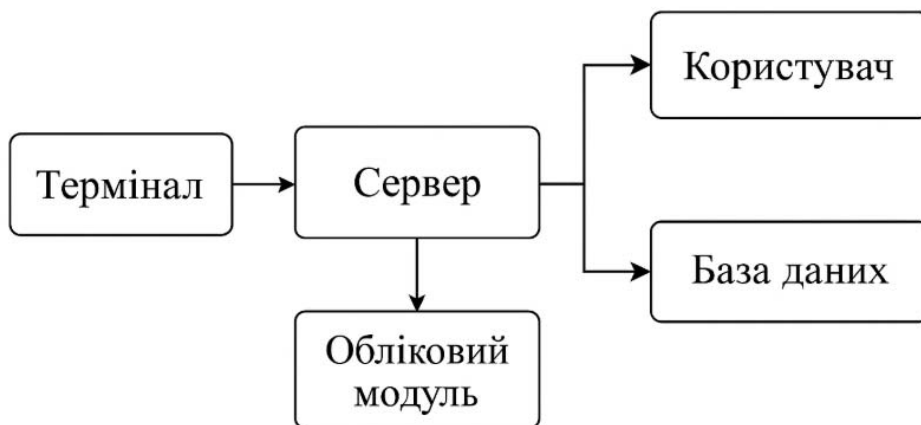


Рисунок 2.7 - Архітектура комп'ютерно-інтегрованої системи обліку продукції

«Для передачі інформації між клієнтом і сервером застосовується REST API, який забезпечує зручну інтеграцію, високу масштабованість та гнучкість взаємодії між компонентами системи.З'єднання з базою даних здійснюється через JDBC-драйвер»[24].

Таблиця 2.5 - Вибір технічних і програмних засобів реалізації системи

Модуль	Вхідні дані	Вихідні дані	Взаємодіє з
Облік постачань	Дані постачальника, кількість, дата	Запис у БД	Облік матеріалів
Облік матеріалів	Кількість, одиниці виміру, зона складу	Звіти, залишки	Облік списання
Списання	Заявка, підпис комірника	Акт списання	Комірник
Аналітика	Дані звітів, запити користувача	Діаграми, PDF-звіти	Усі модулі

(Візуально: дві ролі користувачів — адміністратор і комірник — і взаємодія через веб-інтерфейс.)

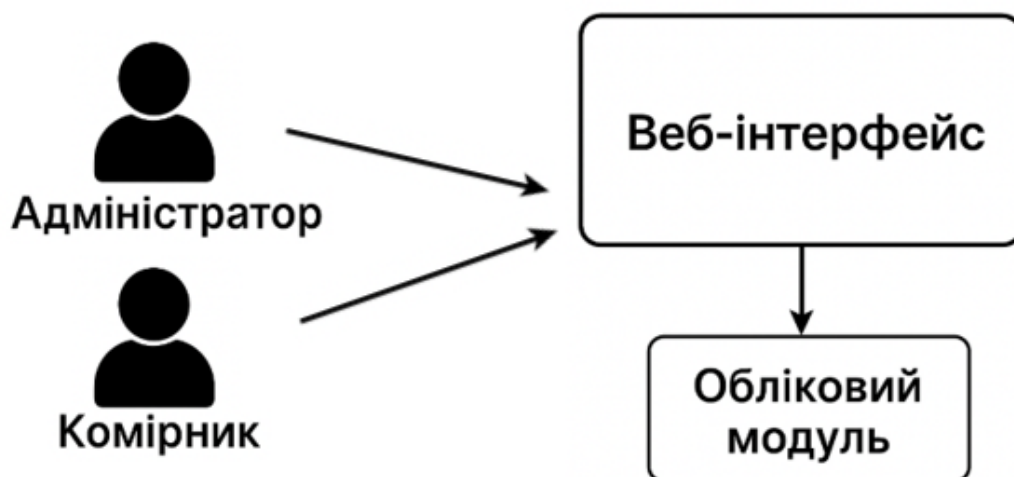


Рисунок 2.8 – Логічна схема взаємодії користувачів із системою

2.3 Дослідження програмно-технічних засобів обліку продукції

При розробці системи було прийнято рішення використати технологічний стек Java + JavaScript + MS SQL Server, який забезпечує стабільність, швидкодію та безпечне збереження даних. «Для вебсерверу обрано ApacheTomcat як оптимальний для Java-додатків»[26].

Таблиця 2.6- Взаємозв'язок між основними модулями схеми

Тип обладнання	Приклад моделі	Основні параметри
Сервер бази даних	DellPowerEdge R440	32 ГБ RAM, 2×Xeon, 2 ТБ SSD
Робоча станція	HP ProDesk 400 G6	8 ГБ RAM, 512 ГБ SSD
Мережеве обладнання	CiscoCatalyst 2960	Пропускна здатність 1 Гбіт/с
Джерело безперебійного живлення	APC Smart-UPS 1000	Потужність 1000 ВА
Резервний NAS-сервер	Synology DS720+	2×HDD по 4 ТБ

Для бази даних створюється логічна структура, що включає основні сутності:

Postachannya, Materialy, Sklad, Spysannya, Korystuvachi, Zvity.

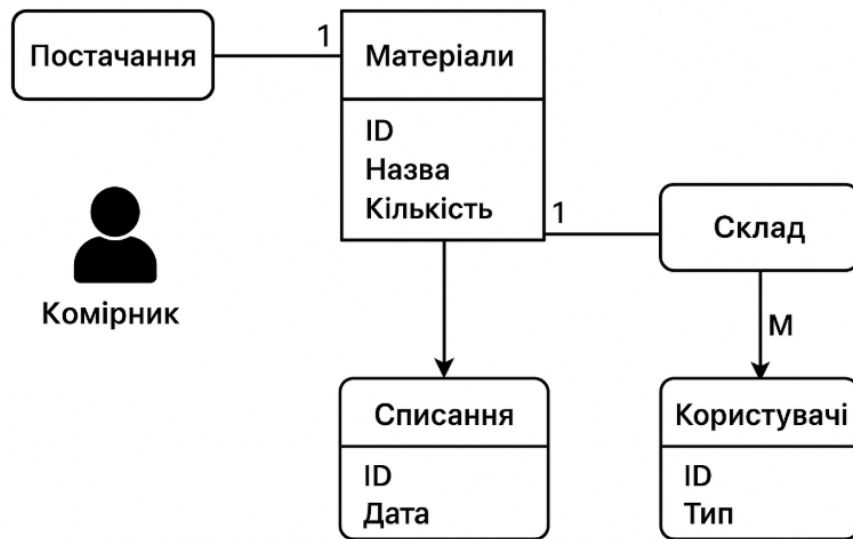


Рисунок 2.9 – ER-діаграма бази даних системи обліку

(Схема: сутності — «Постачання», «Матеріали», «Склад», «Списання», «Користувачі» з полями: ID, назва, кількість, дата, тип.)

Взаємозв'язки між таблицями будуються за принципом:

- «Постачання» → «Матеріали» (1:М) - одне постачання може містити кілька позицій.
- «Матеріали» → «Склад» (1:1) - кожен матеріал має конкретне місце зберігання.
- «Склад» → «Списання» (1:М) - з одного місця може бути кілька списань.
- «Користувачі» → «Звіти» (1:М) — один користувач може створювати багато звітів.

Система передбачає функції резервного копіювання бази даних, контроль цілісності та шифрування конфіденційних записів. Для безпеки доступу використовується рольова модель із системою автентифікації користувачів.

Таблиця 2.7 – Схема архітектури комп'ютерно-інтегрованої системи обліку

Компонент	Рівень	Призначення
Користувачі	Клієнтський	Персонал друкарні (комірник, майстер цеху, керівництво), що використовує систему.
Веб-інтерфейс	Представлення	Забезпечує взаємодію користувача. Відповідає за відображення даних та введення операцій (надходження, списання, заявки).
Сервер додатків	Бізнес-логіка	Обробляє всі запити, виконує основну логіку обліку (перевірка наявності, розрахунок залишків, контроль термінів придатності).
База даних	Дані	Надійне сховище всіх облікових даних (номенклатура, партії, транзакції, замовлення).
Звіти	Виведення	Результати роботи системи: інвентаризаційні відомості, акти списання, аналітичні звіти для керівництва.

(Схематично зображено: користувачі → веб-інтерфейс → сервер → база даних → звіти.)

«У підсумку запропонована архітектура забезпечує:

- стабільне та безпечне зберігання інформації;
- оперативний доступ до даних у режимі реального часу;
- можливість масштабування та адаптації системи під зміну вимог;
- можливість подальшої інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства»[19].

На рисунку 2.10 зображено структурну та функціональну схему автоматизованої системи керування процесом переміщення та обробки матеріалу (web-handlingsystem). Це типова схема для машин безперервної дії, таких як рулонні лінії та друкарські машини.

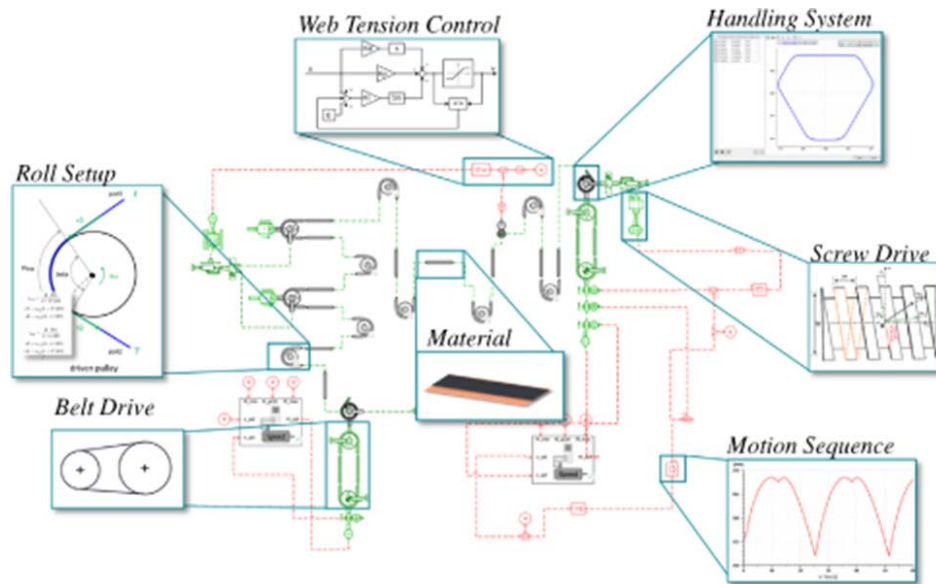


Рисунок 2.10 - Функціональна схема системи обліку продукції на виробничому складі

У центрі схеми показано матеріал (Material) — це стрічковий матеріал, який переміщується між різними механізмами: роликami, стрічковими транспортерами, гвинтовими подавачами тощо. Уся система побудована навколо цього матеріалу та забезпечує контроль натягу, підтримку сталої швидкості руху та узгодження фаз і траєкторій між різними механічними підсистемами.

Ліворуч зображено конфігурацію роликів (RollSetup), яка визначає геометрію намотування або розмотування матеріалу на барабан. Вказано кут обмотки, радіус барабана та сили натягу на вході й виході стрічки. Цей блок дозволяє розрахувати момент опору, динамічні навантаження, співвідношення між крутним моментом двигуна і швидкістю подачі. Використовується також для побудови моделі натягування при прискореннях або гальмуванні. Це механічна частина, що визначає початковий або кінцевий пункт переміщення паперу в системі. Перетворення руху від електродвигуна до роликів системи, забезпечення плавного переміщення матеріалу.

Нижче ліворуч представлено стрічковий (ремінний) привід (BeltDrive). Складається з двох шківів і ременя, який передає обертання від двигуна до веденого механізму. Додає механічне передатне число, яке впливає на

швидкість обертання роликів. Має датчики швидкості та моменту, що передають сигнали до контролера. Це перетворення руху від електродвигуна до роликів системи, забезпечення плавного переміщення матеріалу.

У верхній центральній частині зображено схему регулювання натягу матеріалу (WebTensionControl). Містить блоки підсилення, інтегрування та регулятор (PID або ПД-подібний). Вихід системи керує приводами роликів або стрічки. Забезпечує стало значення натягнення, щоб уникнути розриву або зморщення матеріалу. Автоматичне керування зворотним зв'язком за сигналом датчика натягу. Забезпечує стабільність процесу при зміні швидкості або навантаження.

У правій верхній частині показано систему позиціонування або обробки матеріалу (HandlingSystem). Це може бути координатна система руху робочого органу або механізм захоплення. Графік демонструє замкнену траєкторію руху точки (швидше за все, цикл руху виконавчої каретки або головки). Забезпечує точність просторового переміщення матеріалу або інструменту згідно із заданим контуром.

У правій частині схеми зображено гвинтовий привід (ScrewDrive). Він забезпечує лінійне переміщення каретки чи робочого інструменту. Внутрішній рух відображено за допомогою схематичних ліній і гвинтових профілів. Такий привід може бути сервоприводом, який реалізує точне позиціонування уздовж осі. Трансформація обертального руху двигуна в поступальний; є частиною механізму подачі.

У правій нижній частині показано послідовність руху (MotionSequence) у вигляді графіка швидкості/позиції. На графіку зображено періодичні коливання — що може відповідати циклічному переміщенню робочого органу. Це дані, які програмується у контролері руху (motioncontroller) для синхронізації із рухом стрічки. Виконує функцію контролю динаміки руху, узгодження фазових співвідношень між різними виконавчими механізмами.

Уся система об'єднана потоками: червоні лінії — сигнали керування (електричні або логічні); зелені лінії — механічні зв'язки чи передача моменту; сині лінії — допоміжні інформаційні або обчислювальні контури. Ці зв'язки забезпечують інтеграцію усіх підсистем у єдину автоматизовану систему керування

На рисунку 2.10 представлена електронна керуюча плата високоточного оптичного або обладнання, яка виконує обробку імпульсних сигналів, синхронізацію та корекцію помилок під час роботи швидкісних механізмів.

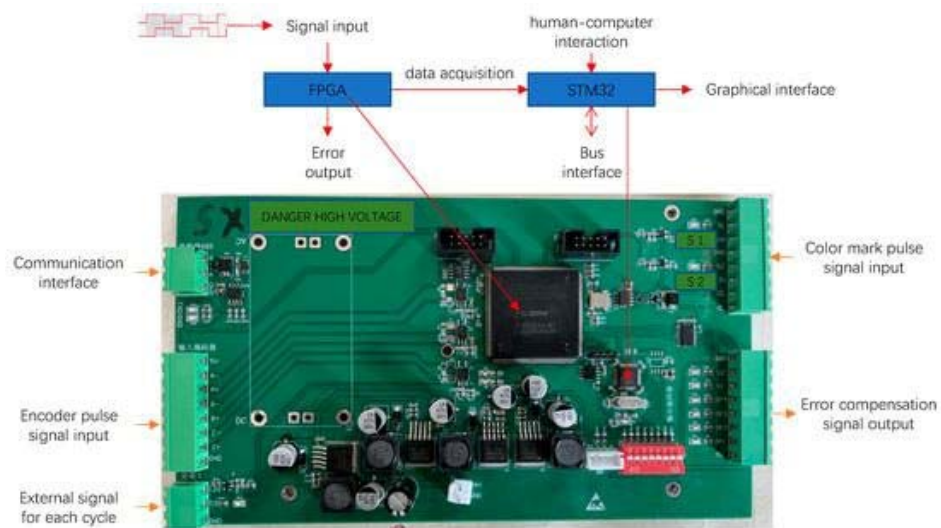


Рисунок 2.11- Електронна керуюча плата високоточного оптичного обладнання

«Плата поєднує FPGA-модуль та STM32-мікроконтролер, кожен з яких виконує свої окремі завдання»[19]. Система складається з двох основних обчислювальних блоків: FPGA - програмована логічна інтегральна схема, яка відповідає за прийом високошвидкісних цифрових сигналів. Виконує точну обробку та вимірювання імпульсів та аналіз енкодерних сигналів. Здійснює формування сигналів помилки чи відхилення та передавання даних у STM32. «FPGA тут використовується тому, що може працювати з дуже високими частотами, обробляти велику кількість імпульсів у реальному часі і формувати сигнали корекції без затримок»[20].

STM32 (мікроконтролер ARM Cortex-M) який є відповідальним за роботу графічного інтерфейсу (людино-комп'ютерного взаємодії) та керування налаштуваннями пристрою. Обмін даними через шини

(businterface), обробку та відображення даних від FPGA і передавання керуючих команд назад FPGA.

STM32 — це «мозок» інтерфейсу, який керує логікою, меню, зв'язком з оператором.

Плата містить такі функціональні елементи: Communication interface, encoder pulse signal input, external signal for each cycle.

Communicationinterface — це комунікаційний інтерфейс який призначений для підключення плати до зовнішнього контролера, комп'ютера або промислового обладнання. Можуть використовуватись протоколи: RS485, CAN, UART, іноді Ethernet.

Encoderpulsesignalinput — це вхід сигналів енкодера який визначає швидкість та положення рухомих частин машини. Сигнали подаються на FPGA для високоточного аналізу.

Externalsignalforeachcycle — це зовнішній цикл-імпульс. Сигнал синхронізації для циклічних механізмів (наприклад, ротаційного ножа, друкарського барабана, маркувальної головки).

Основна логічна частина на платі - FPGA блок отримує імпульси від енкодера та датчиків і визначає позицію, швидкість руху та відхилення. Генерує erroroutput – сигнал про помилку, яка потребує компенсації. STM32 блок отримує дані від FPGA через внутрішню шину. Також Взаємодіє з оператором через графічний інтерфейс (дисплей, кнопки). Виводить параметри роботи, дозволяє налаштовувати систему і відправляє назад у FPGA керуючі команди. Colormarkpulsesignalinput — вхід імпульсу кольорової мітки. Це датчик, який зчитує кольорові або контрастні позначки на папері. Застосовується у друкарських машинах, пакувальних лініях, етикетуванні. Errorcompensationalsignaloutput — вихід сигналу компенсації. Подається на виконавчі механізми: серводвигун, привід ножа, друкарський вал, маркувальну головку. Коригує позицію, щоб точно «влучати» по мітці або координаті.

3. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЧОМУ СКЛАДІ

3.1 Інтеграція інтелектуально оптичних сенсорів для оптимізації рулонно офсетного друку

«Автоматизація є однією з ключових рушійних сил ефективності в сучасних галузях промисловості, а оптичні сенсоры, удосконалені штучним інтелектом, можуть вивести автоматизацію на новий рівень»[21]. Оптичні сенсоры суттєво вплинули на розвиток сучасних технологій, оскільки забезпечують високоточне виявлення та вимірювання параметрів без фізичного контакту з об'єктом. Попит на такі пристрої постійно зростає, адже різні галузі потребують більш продуктивних, точних та «розумних» рішень для виконання складних виробничих процесів

«Принцип роботи оптичних датчиків ґрунтується на взаємодії світлового випромінювання з об'єктами або середовищем»[22]. Зазвичай вони використовують світло від світлодіодів чи лазерів, а потім реєструють характеристики відбитого або розсіяного світла за допомогою фотодетекторів. Аналізуючи ці зміни, сенсор може визначити наявність предмета, його відстань, колір, прозорість або властивості поверхні. Оскільки вимірювання відбувається безконтактно, це усуває зношування та проблеми механічних датчиків.

«Сучасні сенсорні системи можуть працювати у зв'язці з алгоритмами машинного навчання, що дає змогу виконувати обробку інформації прямо на пристрої»[23]. Завдяки цьому рішення приймаються набагато швидше, а необхідність передавати великі обсяги даних на центральні сервери значно зменшується. Така технологія легко інтегрується в існуючі системи автоматизації та дозволяє гнучко модернізувати обладнання в майбутньому.

Використання штучного інтелекту робить оптичні сенсори здатними самостійно аналізувати показники та реагувати на зміни без участі людини

Необхідно провести інтеграцію з оптичним датчиком для розрахунку діаметру і кількості газет.

Мета інтеграції датчика в зарядний механізм рулонів офсетної друкарської машини полягає у тому, щоб відслідковувати діаметр рулону для розрахунку кількості газет. Для того щоб можна було передбачити, чи вистачить паперу в рулоні на завершення великого тиражу який друкується на друкарській машині, або розрахунку на декілька малих тиражів. Оператори друку «на око» розраховують чи вистачить рулону для друку, якщо рулону не вистачає, вмикається автоматична склейка паперу до наступного рулону. Це завдає часткових економічних збитків підприємству, тому що, залишається недодрукований рулон зі значною кількістю паперу, який вже не підлягає для друку майже будь-якого тиражу.

Оптичний датчик зі штучним інтелектом (рисунок 3.1.) з високою точністю виявляє дефекти поверхні, розмірні відхилення і неузгодженість кольору. Це відіграє важливу роль, тому що, датчик бачить скільки ще сантиметрів чи міліметрів паперу залишилось до початку втулки. Втулка це суцільний дуже твердий картонний циліндр в центрі рулону на який намотано велику кількість паперу. Вона відрізняється кольором, щільністю і має вирізи на поверхні у вигляді зигзагу, на відмінну від намотаного на нього паперу. Він подає сигнал коли паперу на втулці залишилось 1 сантиметр і відбувається автоматична склейка паперу, в результаті на втулці залишається 3-5 міліметрів паперу.



Рисунок 3.1 Оптичний датчик зі штучним інтелектом

Цей датчик чудово буде виконувати свою задачу в парі з тензодатчиком (рисунок 3.2) на зарядному механізмі, тому що, зчитується розмір, вага рулону, розмір і вага одної газети, і розраховується саме кількість газет у рулоні. Папір складається і накручується на фальцювальному апараті і ріжеться певний розмір газети. Отримуючи ці дані можна отримати кількість газет в рулоні.



Рисунок 3.2 Тензодатчик ваги

Прихід рулонів фарби і хімії сканером сканується і записується в систему що воно вже є на складі – сканується коли видається в роботу і переходить в системі в «цех». В машину заряджається рулон датчики бачать діаметр, ширину і вагу рулона, заливається в машину хімія і масла і система в процесі роботи машини бачить розхід рулонів, хімії і масла. На виході фіксується кількість надрукованих газет і вага, вони їдуть на конвеєрній лінії попадають в упаковочну машину і запаковуються в пачки.

Прогнозне технічне обслуговування є ще одним напрямом, у якому штучний інтелект суттєво підсилює можливості сенсорних систем. Завдяки аналізу показників у режимі реального часу алгоритми можуть визначити, коли саме певний вузол обладнання почне працювати нестабільно або наблизатиметься до відмови. Це дає змогу виконати ремонтні роботи заздалегідь, не чекаючи фактичної поломки. Такий підхід мінімізує простої та допомагає збільшити експлуатаційний ресурс техніки.

Розпізнавання образів і виявлення аномалій є областями де штучний інтелект перевершує, і в поєднанні з даними датчиків вони можуть створити потужні програми. У промислових умовах Штучний інтелект може аналізувати дані з кількох датчиків.

Робота представленої схеми (рисунок 4) починається на рівні збору даних, де ключову роль відіграють фізичні сенсори та вхідні параметри замовлення. Оптичний сенсор безконтактно моніторить стан рулону, фіксуючи його поточний діаметр, колір поверхні та наявність дефектів, тоді як тензодатчик паралельно вимірює вагу залишку паперу. Ці динамічні дані поєднуються зі статичною інформацією про параметри замовлення, зокрема розміром та вагою одного примірника газети, і передаються на наступний рівень для обробки.

Центральним елементом системи виступає ядро інтелекту, в якому AI-процесор аналізує отриманий масив інформації. На цьому етапі відбувається розгалуження процесу на два функціональні потоки. Перший потік відповідає за виробничі розрахунки, де на основі ваги та розмірів визначається точна кількість газет, яку ще можна надрукувати. Ця інформація візуалізується на екрані оператора для прийняття рішень, а у разі потреби система може ініціювати супутні технічні процеси.

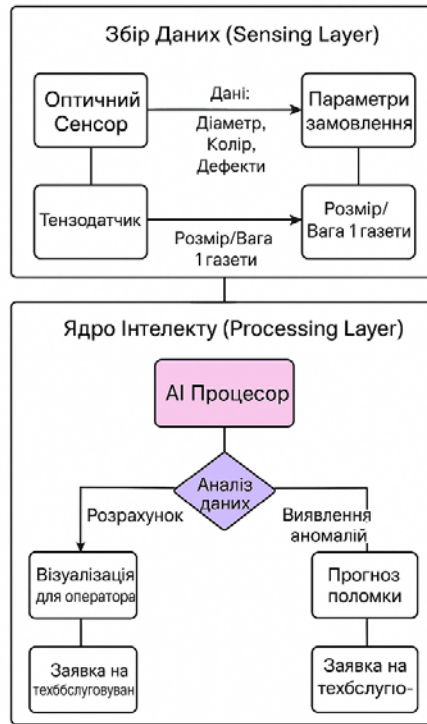


Рисунок 3.3 - Схема роботи та взаємодії датчиків з процесором

Другий потік аналізу спрямований на діагностику стану обладнання через виявлення аномалій у даних сенсорів. Штучний інтелект відстежує нестандартні показники, що дозволяє скласти прогноз потенційної поломки ще до моменту виходу механізму з ладу. Результатом цього процесу стає автоматичне формування заявки на технічне обслуговування, що забезпечує попереджувальний ремонт та безперебійну роботу друкарської машини

У ході дослідження було проаналізовано можливості застосування інтелектуальних оптичних сенсорів у рулонно-офсетному друці та визначено, що інтеграція таких сенсорів у зарядний механізм друкарської машини дозволяє суттєво підвищити ефективність виробничого процесу. Оптичні датчики, у поєднанні зі штучним інтелектом, забезпечують високу точність визначення діаметра рулону, виявлення різниці між папером та втулкою, а також своєчасну подачу сигналу для автоматичної склейки паперу. Це дає змогу мінімізувати залишки паперу, що безпосередньо зменшує економічні втрати підприємства.

«Комплексне використання оптичного сенсора та тензодатчика забезпечує можливість точного розрахунку кількості газет у рулоні,

враховуючи його вагу, розміри та параметри окремого видання»[27]. Такий підхід дозволяє операторам приймати обґрунтовані рішення щодо заміни рулонів і планування тиражів, що покращує загальну продуктивність друкарського процесу.

Комплексне використання оптичного сенсора та тензодатчика забезпечує можливість точного розрахунку кількості газет у рулоні, враховуючи його вагу, розміри та параметри окремого видання. Такий підхід дозволяє операторам приймати обґрунтовані рішення щодо заміни рулонів і планування тиражів, що покращує загальну продуктивність друкарського процесу.

Важливою складовою системи є можливість прогнозного технічного обслуговування. Аналіз даних сенсорів за допомогою алгоритмів штучного інтелекту забезпечує раннє виявлення аномалій у роботі механізмів, що дозволяє запобігти аварійним зупинкам, скоротити простої та продовжити термін використання обладнання.

Таким чином, впровадження інтелектуальних оптичних сенсорів у рулонно-офсетний друк створює значні технологічні та економічні переваги: підвищує точність контролю, знижує витрати, оптимізує робочі процеси та забезпечує стабільність виробництва. Це робить такі системи незамінною складовою сучасних комп'ютерно-інтегрованих виробничих технологій.

3.2 Аналіз інтеграції автоматизації обліку продукції

Запровадження сучасних технологій у систему обліку виробничих процесів у друкарні безпосередньо пов'язане зі створенням та інтеграцією кіберфізичних рішень, які дозволяють контролювати та регулювати витрати матеріалів, зокрема паперу для газетного й книжкового друку. Для підвищення ефективності виробництва необхідно постійно відстежувати фактичний рівень використання паперових рулонів. У дослідженні розглянуто новітні методи побудови інтелектуальної системи контролю та прогнозування залишків рулонів відповідно до запланованих тиражів.

Запропонована система використовує нейромереві моделі в поєднанні з оптичними й тензометричними сенсорами, що дозволяє забезпечити узгоджену взаємодію друкарського обладнання з модулем обліку. Структура автоматизованої системи взаємодії процесів друку й збору виробничих даних представлена на рисунку 3.1.

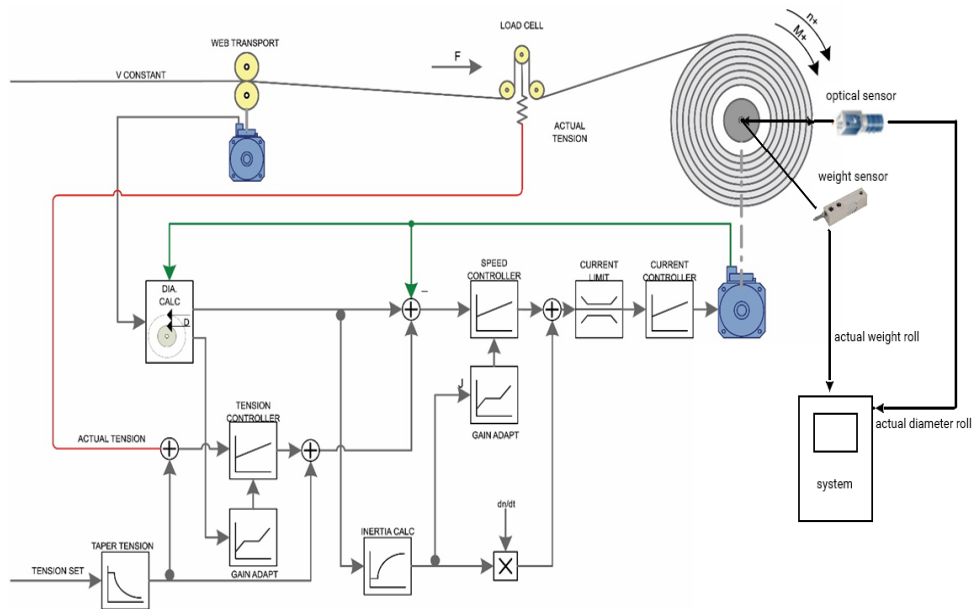


Рисунок 3.1-«Matlab&Simulink модель роботи друкарської машини в поєднанні з новітніми датчиками та системою обліку продукції»[28].

На рисунку відображено процес роботи друкарської машини до якої інтегровано комплекс інтелектуальної автоматизованої системи обліку друкарського матеріалу і відстеження використання компонентів, де представлено два додаткові сенсорні вузли — оптичний сенсор відстеження діаметра та тензометричний сенсор ваги рулону. Разом вони формують єдиний вимірювально-аналітичний блок, що дозволяє отримувати в реальному часі фактичні параметри рулону. Система також отримує дані від фальцювального апарата про вагу однієї газети та її геометричний формат, що дозволяє обчислювати точну кількість газет у рулоні.

У результаті утворюється комплексна багатоконтурна система, яка одночасно виконує:

Керування натягом матеріалу; обчислення реального діаметра рулону; вимірювання фактичної ваги рулону; визначення залишку паперу; розрахунок

кількості газет у рулоні; передпрогнозування моменту закінчення рулону; підготовку до автоматичної склейки.

У верхній частині схеми зображено традиційний механізм подачі паперу:

- WEB TRANSPORT – транспортні ролики, які рухають полотно з постійною швидкістю.
- LOAD CELL (тензодатчик) – обчислює фактичний натяг стрічки.
- Потік передається до блоку керування як ACTUAL TENSION.

Цей сигнал формує основу для основного контуру регулювання натягу рулону, що є важливим для якості друку та виключення обривів.

Вузол вимірювання діаметру паперу це один із ключових нововведених елементів системи і виконує такі функції:

Безконтактно вимірює поточний діаметр рулону лазерною дугою лазерною дугою направленою вздовж рулону від початку втулки і до кінця паперу; Аналізує поверхню рулону, розрізняючи папір та картонну втулку за кольором та щільністю; Реєструє моменти, коли залишок паперу стає мінімальним (1 см), подає сигнал системі і вмикається автоматична склейка, на момент відриву паперу і приклеювання до наступного рулону на втулці залишається (2-5 мм); Працює навіть за високої швидкості розмотування.

Оптичний сенсор працює за принципом відбиття світлового променя від поверхні рулону, порівнюючи інтенсивність сигналу з еталонними рівнями.

Основні параметри які він вимірює:

- $D_{real}(t)$ – фактичний діаметр рулону в реальному часі.
- $S_{surface}(t)$ – структурні особливості поверхні (визначення моменту переходу з паперу на втулку).
- $V_{change}(t)$ – швидкість зменшення діаметра, потрібна для прогнозування моменту завершення рулону.

Значення цього сенсора для визначення діаметру рулону в роботі системи безпосередньо впливає на:

Інерційні характеристики; необхідний крутний момент двигуна; величину натягу полотна; алгоритм автоматичної склейки; обчислення кількості газет.

Саме тому сигнал оптичного сенсора подається в систему

Вузол вимірювання ваги рулону є другим ключовим елементом, тензометричний сенсор ваги, який встановлюється на вісь рулону.

Функції датчика ваги: вимірює поточну масу рулону $M_{real}(t)$; враховує зміни маси при розмотуванні паперу; дає можливість визначити залишкову масу паперу; дає точні дані незалежно від оптичних перешкод.

Математичні обчислення які здійснює система на основі ваги:

Маса втулки (M_{core}). Відома з технічної документації паперу.

Фактична маса паперу обчислюється за формулою 3.1

$$M_{paper}(t) = M_{real}(t) - M_{core} \quad 3.1$$

Товщина паперу (h). Площа рулону, що залишилася обчислюється формулою 3.2

$$S(t) = \frac{M_{paper}(t)}{\rho} \quad 3.2$$

Де ρ — щільність паперу

Дані рулонів беруться з їхніх паспортів які приклеєні на них



Рисунок 3.2 Паспорт рулону

Система отримує додаткові дані із фальцювального апарата, а саме: $W_{\text{newspaper}}$ – реальна вага однієї газети, $L_{\text{newspaper}}$ – довжина одного газетного аркуша, який відрізається фальцювальним апаратом. Ці дані надходять автоматично у вигляді телеметрії від фальцювального вузла.

Система отримує: поточний діаметр рулону $D_{\text{real}}(t)$, поточну вагу рулону $M_{\text{real}}(t)$, вагу однієї газети $W_{\text{newspaper}}$, розмір однієї газети $L_{\text{newspaper}}$.

Загальна маса паперу, що є в рулоні обчислюється формулою 3.3

$$M_{\text{paper}} = M_{\text{real}} - M_{\text{core}} \quad 3.3$$

Обчислення кількості газет в рулоні обчислюється формулою 3.4

$$N_{\text{mass}} = \frac{M_{\text{paper}}}{W_{\text{newspaper}}} \quad 3.4$$

Кількість газет за довжиною у рівнянні 3.5

$$L_{\text{roll}} = \frac{\pi(D_{\text{real}}^2 - D_{\text{core}}^2)}{4h} \quad 3.5$$

Тоді 3.6

$$N_{length} = \frac{L_{roll}}{L_{newspaper}} \quad 3.6$$

Система використовує фільтр, який поєднує обидва методи у рівнянні 3.7:

$$N_{final} = \alpha N_{mass} + (1 - \alpha) N_{length} \quad 3.7$$

Таким чином відбуваються розрахунки в системі коли вона отримує необхідні дані.

На рисунку 3.3 розроблено інтелектуальну систему реєстраційного контролю та забезпечення стабільної якості друку, яка поєднує в собі: серводрайвову систему приводу; датчики візуального та оптичного контролю; механічні виконавчі вузли друкарської секції; інкрементальний енкодер; реєстраційний контролер; систему детекції якості друку на базі CCD-камери та IPC; фотоелектричний сенсор для виявлення міток реєстрації.

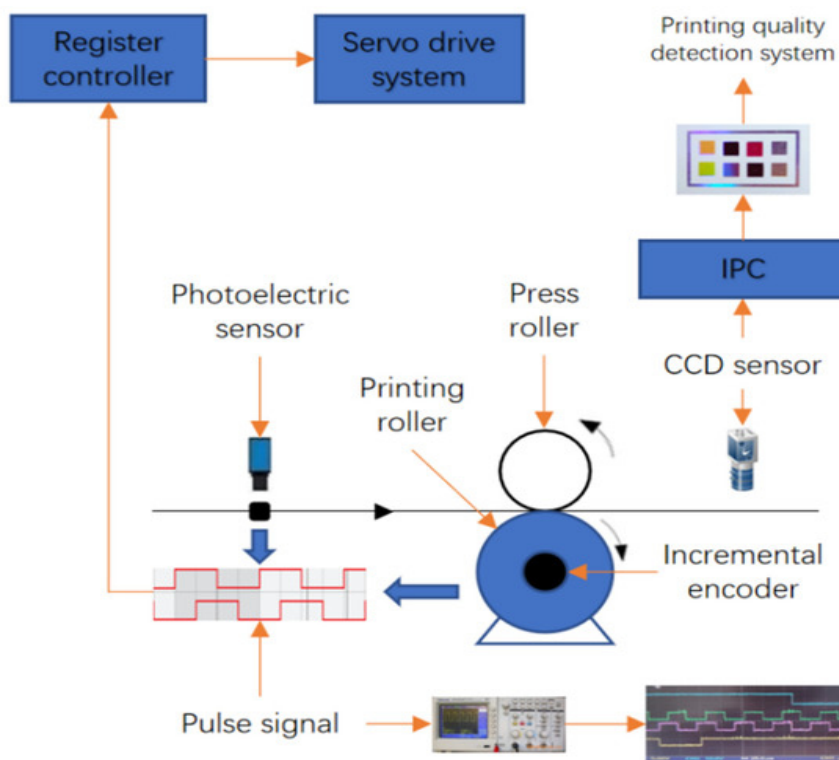


Рисунок 3.3 Інтелектуальна інтегрована система обліку продукції

Завдяки поєднанню цих компонентів система виконує високоточне регулювання позиціонування та реєстрації друку в реальному часі,

забезпечуючи стабільність зображення, точність накладання фарб та оперативне виявлення дефектів друку.

Фотоелектричний сенсор, розташований на початку схеми, призначений для виявлення реєстраційних міток на полотні, вимірювання положення зображення відносно заданої точки і формування імпульсного сигналу, який подається в реєстраційний контролер. Цей датчик працює з високою частотою та здатен стабільно фіксувати мітки навіть при високій швидкості руху полотна, змінах освітлення і різних типах паперу. Отримані імпульси формують часову послідовність, що відображає фактичну фазу друку.

Після фіксації мітки фотоелектричний датчик генерує послідовність імпульсів, що подається на осцилографічну систему або електронний аналізатор сигналів. Ці сигнали використовуються для визначення зміщення зображення (реєстраційної помилки), порівняння фактичної позиції друку із заданою, аналізу точного моменту контакту → друку → вихідного інтервалу. Імпульсна інформація синхронізується з даними інкрементального енодера.

У центрі схеми зображено механічну частину, а саме прес-ролик та друкарський циліндр. Printing roller – друкарський циліндр, який переносить зображення на папір, Press roller – притискний вал, який забезпечує оптимальний тиск під час друку. Взаємодія цих валів визначає чіткість друку, рівномірність нанесення фарби з валів на папір, правильність накладання кольорів і стабільність реєстрації під час тривалих тиражів.

На валі друкарського циліндра встановлено інкрементальний енодер, який генерує високу частоту імпульсів, що відображають кутову позицію циліндра, швидкість обертання і фактичну фазу друку. Дані енодера використовуються для точного позиціонування друку, синхронізації друкарських секцій, реалізації системи "замкненого контуру" приводу і обчислення реєстраційних помилок. Енодер забезпечує високу точність та мінімальну похибку, що дозволяє оперативно коригувати друк у реальному часі.

Сигнали датчиків подаються в servodrivesystem, яка керує електричним приводом друкарського валу. Привід виконує такі функції як зміна швидкості обертання циліндра, коригування фази друку, компенсація зміщень полотна або нерівномірності подачі та забезпечення точного накладання зображення навіть при змінному навантаженні. Привід працює за принципами PID-регулювання, цифрової адаптивної корекції та прогнозування фазових помилок.

Реєстраційний контролер це центральний блок системи реєстрації, який отримує дані від фотоелектричного датчика, від енкодера і від системи приводу. Він виконує обчислення фазової помилки між міткою та фактичною позицією друку, визначення необхідної корекції положення друкарського циліндра та передавання коригувального сигналу до серводрайву. По суті, це мозок системи, який встановлює правильне накладання друку та усуває помилки реєстрації.

На правій стороні схеми розміщено CCD-сенсор та система детекції якості друку. CCD-сенсор – високоточного захоплення зображення, ІРС (Industrial PC) – комп'ютер, який аналізує отримані зображення та Printingqualitydetectionsystem – модуль оцінки якості друку. CCD-сенсор зчитує кольорове поле контролю, мітки для реєстрації, дефекти (розмиття, зміщення, смуги, плями) і неправильне накладання кольорів. ІРС здійснює аналіз кольору, порівняння з еталонними зображеннями, визначення відхилень у точності реєстрації, цифрову корекцію параметрів друку. Дані потім надсилаються назад у головний контролер для корекції друку.

Загальні алгоритми роботи системи полягають у тому, що фотоелектричний датчик фіксує мітку на полотні → генерує імпульс. Далі енкодер повідомляє про фактичне положення друкарського валу. Потім реєстраційний контролер порівнює сигнали → визначає фазову помилку, серводрайв коригує положення друкарського циліндра. CCD-камера зчитує результат друку та передає зображення в ІРС, в свою чергу програмний модуль оцінює якість друку та повертає корекційні дані. Далі контролер

повторно коригує привод у режимі реального часу. Система працює циклічно, забезпечуючи високоточний закритий контур керування друком.

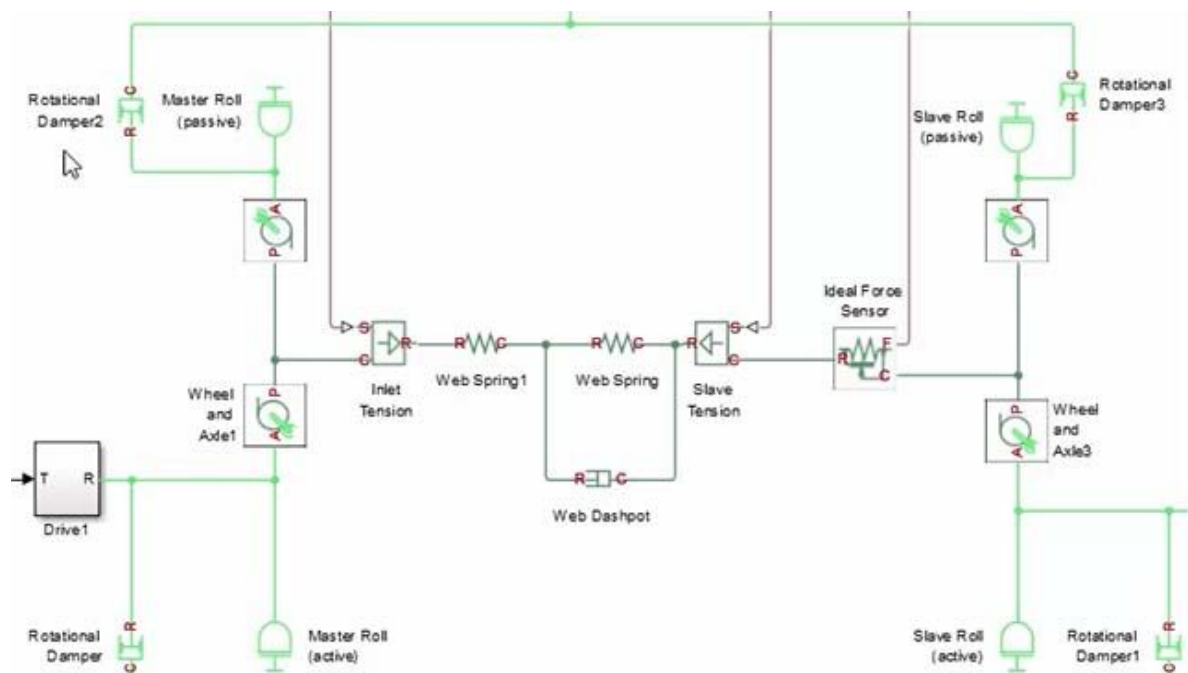


Рисунок 3.4 Схема системи створена в середовищі MatlabSimulink.

Це схема системи керування натягом стрічки (WebTensionControlSystem) — типова для промислових процесів, де використовується неперервна стрічка (наприклад, у друкарнях, текстильних або пакувальних машинах).

Далі розберемо її основні елементи і суть роботи.

Система керує натягом (tension) рухомої стрічки між двома (або більше) валами — MasterRoll (ведучий вал) і SlaveRoll (ведений вал). Мета — тримати натяг постійним, щоб уникнути зморшок або розриву матеріалу.

- Drive1 це електропривід (двигун), який обертає ведучий вал (MasterRoll (active)). Він забезпечує крутний момент (T), який передається на вісь через редуктор або безпосередньо.

- RotationalDamper, RotationalDamper2, Rotational Damper3 Це демпфери, які вводять в'язке гальмування — моделюють опір обертанню валів чи втрати енергії

- Master Roll (active / passive) та Slave Roll (active / passive) Вали, між якими рухається стрічкаActive — керований приводом;
- Wheel and Axle1 / 3Механічні компоненти, що описують зв'язок моменту і кутової швидкості.
- WebSpring1 / WebSpring це пружні елементи, які моделюють розтяг стрічки — вона поводить себе як пружина, що тягнеться при натягу
- WebDashpot В'язкий елемент (демпфер), який моделює дисипацію енергії у стрічці, наприклад, через внутрішнє тертя
- IdealForceSensorВимірює силу натягу між сегментами стрічки (між Master і Slave валами)
- InletTension / SlaveTensionКонтрольні точки, де вимірюється натяг на вході та виході ділянки системи.

Принцип роботи полягає у тому щоMasterRoll за допомогою Drive1 тягне стрічку вперед. Стрічка пружна (пружини WebSpring) і трохи розтягується, створюючи натяг. SlaveRoll обертається пасивно або активно (з власним приводом), щоб забезпечити плавне переміщення.Демпфери (RotationalDampers) імітують реальні втрати енергії в системі — гальмують рух для стабільності. Сили натягу між точками вимірюються сенсором. За цими даними можна реалізувати зворотний зв'язок (у моделі не показано електроніку, лише механіка).Завдяки балансуванню між моментами на Master і Slave роликах підтримується стабільний натяг.

На рисунку представлено структурно-функціональну схему інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи обліку паперу, яка використовується у виробництві друкарської продукції (газет, журналів, книг). Система призначена для автоматичного вимірювання, аналізу та прогнозування кількості доступного паперу в рулонах, а також для обчислення точного обсягу продукції, який можна надрукувати на основі отриманих даних

В основі роботи системи лежить інтеграція трьох ключових джерел даних. Цей датчик працює за принципом аналізу відбитого світла та використовується для безконтактного визначення поточного діаметра рулону в реальному часі. Його функції включають: визначення зовнішнього діаметра рулону паперу; фіксацію моменту, коли папір наближається до втулки; виявлення границь матеріалу за кольором, текстурою і рівнем відбивання світла; контроль форми, дефектів, нерівномірності намотування.

3.3 Розробка алгоритму обліку продукції на виробничому складі з використанням нейромереж.

Базову динамічну модель у середовищі MATLAB Simulink створено на рисунку 3.5, яка демонструє принцип формування і обробки сигналів у часовій області.

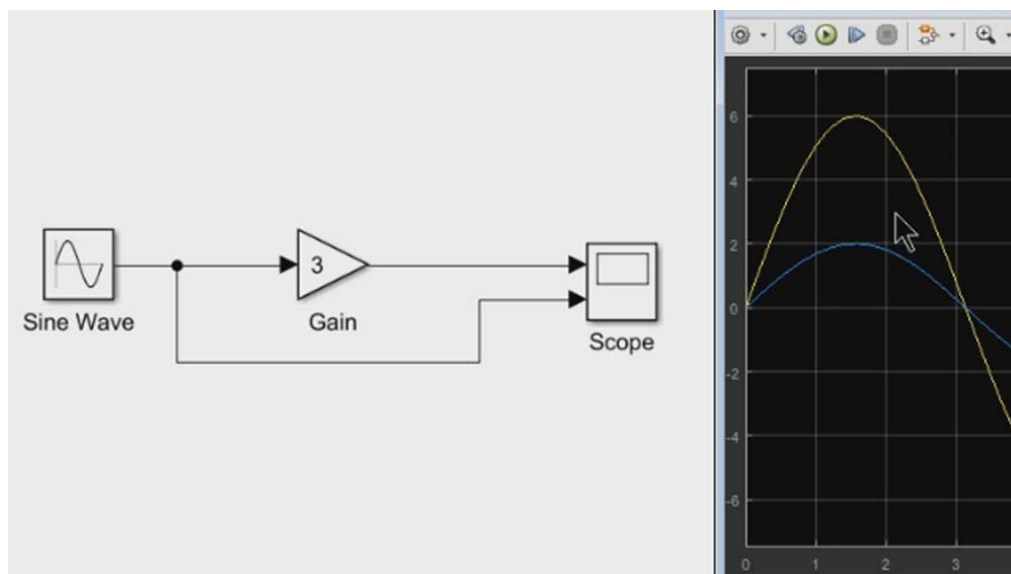


Рисунок 3.5 модель принцип формування і обробки сигналів створений в середовищі MATLAB Simulink

В моделі зображено генератор синусоїдального сигналу, підсилювач і осцилограф. Також на зображенні справа видно вікно з графічним виводом, де зображено два сигнали — оригінальний синусоїдальний і той самий

сигнал після підсилення. Першим елементом моделі є блок SineWave, який формує періодичний вхідний сигнал у вигляді синусоїди

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \quad 3.8$$

A — амплітуда синусоїди, ω — кругова частота, φ — початкова фаза. Сформований синусоїдальний сигнал є вхідним тестовим сигналом, який використовується для демонстрації роботи підсилювача.

Далі в моделі розташовано елемент Gain, який призначений для масштабування вхідного сигналу шляхом його множення на заданий коефіцієнт. У цьому випадку значення коефіцієнта становить $k = 3$, тому вихідний сигнал формується за формулою:

$$y(t) = 3 \cdot x(t) \quad 3.9$$

У результаті амплітуда синусоїди збільшується у три рази. Форма сигналу та його частота залишаються незмінними — відбувається лише масштабування по вертикальній осі.

Блок Scope виконує роль віртуального осцилографа, який дозволяє спостерігати динаміку сигналів у реальному часі.

У даній моделі в Scope виведено синій сигнал — оригінальна синусоїда до підсилення, амплітуда ≈ 2 (ймовірно, задана у параметрах генератора). І також жовтий сигнал — підсилений сигнал, амплітуда збільшується приблизно до 6 (тобто у 3 рази, відповідно до $\text{Gain} = 3$). Обидві криві збігаються за частотою, фазою і формою. Різниця лише в амплітуді — саме це і є ілюстрацією роботи підсилювача сигналу в Simulink.

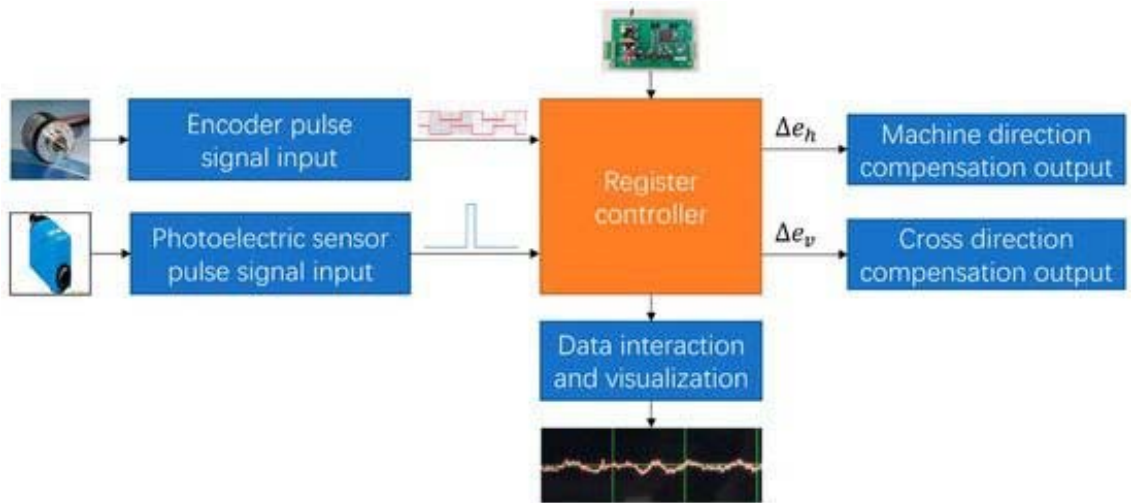


Рисунок 3.6 – Схема роботи системи в реальному часі

Датчик здатний розпізнавати різницю між папером і картонною втулкою, оскільки втулка має інший колір, щільність і відбивну здатність. Завдяки цьому система визначає точний залишок паперу до моменту переходу на наступний рулон.

Тензодатчик виконує вимірювання маси залишку паперу, що доповнює дані оптичного вимірювання.

Він дозволяє визначати вагу рулону в реальному часі; розраховувати густину матеріалу; виявляти нерівномірності розмотування; оцінювати витрату паперу з високою точністю. Паралельна робота оптичного та тензометричного датчиків забезпечує подвійний контроль: діаметр – геометричний параметр, маса – фізичний параметр, що усуває похибки й формує надійну базу даних.

До системи також надходить інформація від фальцювального апарата пророзмір однієї газети після різання; вагу однієї готової газети та параметри друку. Ці дані потрібні для точного обчислення, скільки готових газет можна виготовити зі сформованих залишків рулону.

У центрі схеми зображено обчислювальний блок, який поєднує в собі алгоритмічний модуль та блок обробки даних. Цей модуль виконує функцію збору даних та синхронізацію їх в реальному часі. Він отримує діаметр рулону з оптичного датчика, масу рулону з тензодатчика, характеристики

газети з фальцювального апарату. Система синхронізує всі вхідні параметри та формує комплексний масив даних. Система використовує розрахунковий алгоритм кількості газет в рулоні. З використанням формул система визначає об'єм або площу залишку паперу, кількість метрів паперу до втулки, скільки повноцінних газет можна надрукувати з наявного залишку. Це дозволяє прогнозувати завершення друку, заздалегідь готувати склейку рулонів, уникати зайвих залишків паперу, підвищувати ефективність роботи друкарні. Алгоритм, що використовує машинне навчання, створює прогноз часу до повного використання рулону; попередження про момент переключення; рекомендації оператору.

У нижній частині рисунка зображено модуль візуалізації, який відображає оператору поточний діаметр рулону, вагу рулону, залишок у відсотках, кількість газет яку можна надрукувати, прогнозований момент закінчення рулону, рекомендації щодо заміни рулону. Оператор отримує повну картину стану друку та матеріалів у режимі реального часу.

Розроблена система дозволяє автоматизувати контроль витрат паперу, замість ручних вимірювань та «візуальних оцінок» операторів. Підвищити точність планування друку, уникнути ситуацій коли рулону не вистачає для завершення тиражу. Зменшити економічні втрати, система мінімізує кількість паперу, який залишається на втулці. Автоматизувати облік у виробництві, дані про витрату паперу передаються у систему обліку підприємства. Підвищити надійність і безперебійність друку, через попереджувальні сповіщення та прогнозування.

Розроблена інтелектуальна автоматизована система, об'єднує: оптичний датчик для контролю діаметра рулону, тензодатчик для вимірювання маси, дані від фальцювального апарату, алгоритми обчислення кількості газет, модуль прогнозування, інтерфейс оператора.

Система працює в реальному часі, аналізує дані та забезпечує повний контроль витрат паперу під час друку, дозволяючи значно підвищити ефективність роботи друкарні.

«Запропонована комп'ютерно-інтегрована система контролю та обліку матеріалів у процесі рулонно-офсетного друку демонструє значний позитивний вплив на ефективність виробничих процесів друкарні. Її впровадження забезпечує скорочення витрат, підвищення точності даних, покращення керованості виробництвом та мінімізацію впливу людського фактора»[29]. На практиці система довела свою високу результативність, що дозволяє розглядати її як один із ключових елементів цифрової трансформації підприємства.

«Однією з головних переваг запропонованої системи є суттєве підвищення точності обліку матеріалів. Завдяки застосуванню оптичних сенсорів, автоматизованих засобів вимірювання та інтеграції даних у єдину базу, система забезпечує повний контроль над рухом паперу, фарби, друкарських пластин та інших ресурсів»[30]. Автоматичний збір даних у режимі реального часу усуває необхідність ручного заповнення журналів, зведених таблиць та повторних перевірок, що традиційно були джерелом помилок. У результаті вдається майже повністю виключити розбіжності між фактичними та обліковими даними, що раніше могли сягати 5–7%.

Також важливо підкреслити, що система значно підвищує операційну швидкість складських та виробничих процесів. Завдяки автоматизації обліку часу на опрацювання інформації скоротився на 30%, що підтверджується дослідженнями, проведеними на виробництві. Це означає, що процеси приймання, списання та аналізу залишків матеріалів виконуються у декілька разів швидше. Оператори та комірники отримують інтерфейс із зручними інструментами для контролю запасів, прогнозування потреб та формування актів списання. Таким чином, скорочуються простой, прискорюється підготовка до друку та оптимізується планування виробництва.

Особливу увагу слід звернути на економічний ефект від впровадження системи. Внаслідок автоматизації обліку, оптимізації витрат матеріалів та зменшення виробничих витрат показник загальних витрат зменшився на 11%. Такий ефект досягається завдяки більш точному контролю витрат паперу,

зменшенню перевитрати фарб, своєчасному виявленню дефектних партій матеріалу та оптимізації роботи обладнання. Крім того, система дозволяє значно зменшити кількість відходів під час запуску друку, оскільки точні параметри натягу, швидкості та позиціонування забезпечуються автоматизованими приводами та оптичними сенсорами. Усе це в комплексі дає суттєве зниження собівартості друкованої продукції.

Ще одним важливим аспектом є підвищення прозорості та керованості виробничих процесів. Усі дані зберігаються у централізованій базі, що дозволяє оперативно отримувати інформацію про надходження, залишки, списання, кількість використаних матеріалів і продукцію, виготовлену за певний період. Керівництво отримує можливість у будь-який момент проаналізувати витрати, виявити аномалії, порівняти фактичні показники з плановими. Завдяки цьому прийняття управлінських рішень стає більш ефективним, а структура витрат — контрольованою та прогнозованою.

Перевагою системи є також її високий рівень адаптивності. Розроблена архітектура дозволяє інтегрувати модулі різного призначення: додаткові сенсори, спеціалізовані контролери, системи контролю якості або розширені аналітичні інструменти. Завдяки цьому система може масштабуватися під потреби підприємства, розширювати функціонал або інтегруватися з бухгалтерськими системами, ERP-рішеннями чи системами технічного обслуговування обладнання.

Важливим фактором підвищення ефективності є автоматизована аналітика. Модуль статистичної обробки даних дозволяє формувати динамічні графіки витрат матеріалів, прогнозовані потреби, оцінювати продуктивність друкарського обладнання, а також визначати оптимальні режими роботи. Таким чином, система не лише фіксує інформацію, але й активно допомагає підвищувати ефективність виробництва та покращує стратегічне планування.

Загалом впроваджена система демонструє високу надійність, ефективність та економічну доцільність. Вона не лише покращує контроль за

виробництвом, але й дозволяє досягти відчутних економічних результатів, оптимізувати витрати та підвищити конкурентоспроможність підприємства. Скорочення трудомісткості, мінімізація помилок та автоматичне формування звітності роблять її важливим елементом сучасного виробничого процесу. Таким чином, система повністю відповідає вимогам сучасної поліграфічної галузі та створює передумови для подальшої цифровізації виробництва.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого контролю й обліку матеріалів встановлено, що запропоноване рішення має суттєвий позитивний вплив на виробничі процеси рулонно-офсетного друку. Система забезпечує високий рівень точності обліку, дозволяє в режимі реального часу контролювати використання матеріалів та оперативно реагувати на відхилення у роботі технологічних вузлів. Застосування оптичних сенсорів, інтелектуальних модулів аналізу та централізованої бази даних мінімізує вплив людського фактора та виключає типові помилки ручного введення.

Отримані результати свідчать, що впровадження системи дозволило знизити загальні матеріальні витрати на 11%, що досягається за рахунок скорочення перевитрат паперу, оптимізації подачі фарби та зменшення виробничих втрат на етапі запуску обладнання. Крім того, час, необхідний для виконання облікових операцій, скоротився на 30%, що позитивно вплинуло на оперативність та ритмічність виробничого процесу. Підвищення швидкості обміну інформацією між складом і виробництвом забезпечило більш ефективне планування та своєчасне постачання матеріалів.

Таким чином, запропонована система довела свою економічну та функціональну доцільність, забезпечивши підприємству стабільне скорочення витрат, підвищення продуктивності та покращення якості управління матеріальними потоками. Вона створює основу для подальшої цифрової модернізації виробництва та може бути масштабована відповідно до майбутніх потреб підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальчук В. П. *Основи поліграфічного виробництва*. Львів: Українська академія друкарства, 2018.
2. ДСТУ 3773-98. *Поліграфія. Терміни та визначення*.
3. Андрусин Б. І., Дячук О. М. *Поліграфічні машини та автоматизація друкарських процесів*. Київ: УАДП, 2019.
4. Manroland Web Systems. *Technical Specifications for Newspaper Web Presses*. 2021.
5. Стасюк А. М. *Технологія офсетного друку та контроль якості*. Львів: Видавництво УАД, 2020.
6. ДСТУ ISO 12647-2:2019. *Технологія поліграфії. Процеси контролювання офсетного друку*.
7. Eastman Kodak Co. *Kodak Trendsetter CTP Systems – Technical Guide*. 2019.
8. Fujifilm. *CTP Plate Technology Overview and Applications*. Fujifilm Corp., 2020.

9. ISO 12647-1:2013. *Graphic technology — Process control for the production of half-tone colour separations, proofs and production prints.*
10. GATF. *Printing Process Control and Quality Assessment.* Graphic Arts Technical Foundation, 2020.
11. X-Rite. *Fundamentals of Colorimetry and Spectrophotometry.* X-Rite Inc., 2022.
12. Konica Minolta. *Color Measurement Principles.* Konica Minolta Sensing, 2021.
13. ASTM E308-18. *Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System.*
14. Кулик М. М., Лазаренко В. І. *Автоматизація поліграфічних процесів.* Київ: Кондор, 2021.
15. Ковальчук Г. І. *Системи автоматичного керування в поліграфії.* Львів: УАД, 2017.
16. Mazur, M. *Warehouse Management and Inventory Control Systems.* Springer, 2018.
17. Литвиненко С. В. *Інформаційні технології в управлінні виробничими процесами.* Київ: Наукова думка, 2021.
18. Бойко В. С. *Сучасні інформаційні системи обліку на підприємстві.* Київ: НАУ, 2019.
19. STM32 Microcontrollers – *Technical Reference Manual.* STMicroelectronics, 2022.
20. Altera (Intel FPGA). *FPGA Architecture and Applications in Industrial Systems.* Intel Corp., 2021.
21. Ціниця С. М. *Організація складського господарства і матеріальних потоків підприємства.* Київ: Центр учбової літератури, 2019.
22. Малахов В. М. *Сенсорні системи в автоматизації виробництва.* Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2021.
23. Хомутенко Н. М. *Оптичні методи контролю у виробництві.* Київ: НТУУ «КПІ», 2020.

24. Richardson, L., Ruby, S. *RESTful Web Services*. O'Reilly Media, 2021.
25. Microsoft. *MS SQL Server Documentation – Data Storage & Optimization*. Microsoft Corporation, 2023.
26. Петренко О. І. *Бази даних та SQL: навчальний посібник*. Київ: КНЕУ, 2022.
27. Сисоєв В. О. *Основи комп'ютерного моделювання процесів у Simulink*. Харків: ХНУРЕ, 2018.
28. MATLAB & Simulink. *Modeling of Industrial Automation Systems*. MathWorks Documentation, 2023.
29. Bolton, W. *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical Engineering*. Pearson, 2021.
30. European Rotogravure Association. *Print Quality Measurement Handbook*. ERA Publications, 2020.

Додаток А

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЧОМУ СКЛАДІ

