

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю
параметрів паперу**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-2
напряму Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Вовк Валентин Васильович

(прізвище та ініціали)

Керівник зав. каф. М та ІВТ

Подчашинський Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Шавурський Ю.О.

к.т.н., доц., доц. каф. РЕТ

(прізвище та ініціали)

Житомир 2023

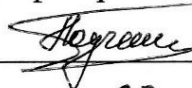
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки**

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.


« 30 » 03 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Вовк Валентин Васильович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів паперу

Затверджена Наказом по університету від «30» березня 2023 р. № 129/С

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедрі «10» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

удосконалення контролю параметрів вологості на папероробній машині шляхом встановлення додаткового датчика у пресовій частині.

Умови функціонування – безперервний режим роботи, діапазон значень вологості 2-70%, похибка вимірювання до 2%.

Вимірювання температури в сушильній частині з регулюванням роботи вентилятора під ковпаком сушки.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):

- провести аналіз виробництва паперу, принципів та методів контролю технологічних параметрів, діючої комп'ютеризованої системи контролю якості готової продукції, можливостей покращення якості продукції;

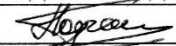
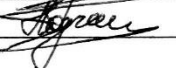
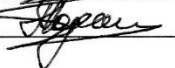
- дослідити пропозиції сучасних систем контролю маси 1м², вологості та інших параметрів паперу у безперервному режимі;

- здійснити підбір нових приладів і способів вимірювання для посилення контролю якості продукції;

- розробити проект встановлення і інтеграції нових приладів в діючу QCS.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень): структурна, функціональна та принципова схеми; алгоритм роботи системи.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1,4,5	Подчашинський Ю.О.		
2,3,6,7,8	Лугових О.О.		

7. Дата видачі завдання 30.03.23

Календарний план

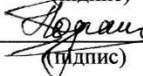
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження технічного завдання	01.04.2023-23.04.2023	
2	Огляд та аналіз літературних джерел	24.04.2023-30.04.2023	
3	Розробка структурної та принципової схеми	01.05.2023-07.05.2023	
4	Опис алгоритму роботи	08.05.2023-14.05.2023	
5	Розрахунки конструкторської частини	15.05.2023-25.05.2023	
6	Інформація з охорони праці	26.05.2023-28.05.2023	
7	Висновки та ефективність розробки	29.05.2023-31.05.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентації	01.06.2023-10.06.2023	

Студент


(підпис)

Вова В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Подчашинський Ю.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів паперу» містить 81 сторінка, 42 рисунків, 4 таблиць, 8 формули, 23 джерела.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення системи контролю параметрів паперу.

Розроблена структурна, функціональна та принципова схема системи контролю параметрів паперу. Прорахована надійність системи.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

Ключові слова: папероробна машина, вимірювання вологості, вимірювання температури.

ANNOTATION

The bachelor's thesis on "Computerized information and measurement system for control of paper parameters" contains 81 pages, 42 figures, 4 tables, 8 formulas, 23 sources

The work substantiates the relevance of creating a paper parameter control system.

The structural, functional and principle diagram of the paper parameter control system was developed. Calculated reliability of the system.

The block diagram of the algorithm of the program and the corresponding program have been developed.

Key words: paper machine, humidity measurement, temperature measurement.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	9
1.1. Призначення та область застосування.....	9
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні параметри системи.....	10
1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....	11
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	12
2.1. Загальний опис папероробної машини.....	12
2.2. Загальна інформація про АСКТП виробництва паперу.....	15
2.3. Огляд існуючих систем контролю якості паперу.....	19
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ.....	24
3.1. Види та способи контролю параметрів на ПРМ.....	24
3.2. Інформація про вимірювальні параметри і датчики QCS.....	25
3.3. Існуюча система контролю параметрів паперу на ПРМ.....	34
3.4. Обґрунтування програмованого логічного контролера.....	38
3.5. Обґрунтування датчиків.....	39
3.6. Розробка структурної схеми.....	41
3.7. Розробка функціональної схеми.....	44
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	46
4.1. Вибір програмованого логічного контролера.....	46
4.2. Вибір датчика вологості	48
4.3. Вибір датчика температури.....	51
4.4. Розробка принципової схеми.....	52
5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ.....	57
5.1. Розробка блок-схем алгоритму програм.....	57
5.2. Опис алгоритмів роботи QCS.....	59
5.3. Приклад програмування.....	62
5.4. Обслуговування системи.....	66
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	67
6.1. Принцип роботи датчика вологості.....	67
6.2. Оцінка надійності системи.....	67
6.3. Розрахунок похибок вимірювання.....	70
6.4. Експериментальні дослідження.....	72
7. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ І ОХОРОНА ПРАЦІ	73
7.1. Загальні заходи безпеки при роботі з QCS.....	73
7.2. Дії в аварійних ситуаціях.....	74
7.3. Заходи безпеки при роботі з ДІВ.....	74
7.4. Вимоги до обслуговуючого персоналу.....	75
8. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	76
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

					МММТ 420.002.002- ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів паперу	Літ.	Арк.	Архівів	
Розробив	Вовк В.В.						5	81	
Перевірів	Подчашинський Ю.О.					Державний Університет «Житомирська політехніка», МТ-2			
Рецензент	Шевченко В.В.								
Н. контр.									
Затверд.	Подчашинський Ю.О.				Пояснювальна записка				

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце;
АСКТП – автоматизована система керування технологічним процесом;
БЖ – блок живлення, ББЖ – блок безперебійного живлення;
ДТ – датчик температури;
ДВ1, ДВ2 – датчики вологості;
ДВП – датчик ваги паперу;
ДШ – датчик швидкості;
КРТ – клапан регулювання тиску насиченого пару;
ПЗО – прилад зв'язку з об'єктами
ПЛК – програмований логічний контролер
ПО – пульт оператора;
ПРМ – папероробна машина;
УХЛ-4 – виріб для експлуатації в районах з помірним та холодним кліматом з категорією розміщення 4;
ЧП1, ЧП2 – частотні перетворювачі;
CD – поперечний напрям (cross direction);
MD – машинний напрям (machine direction);
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition;
SEB – електрична шафа сканера (Scanner electronic box);
IR – інфрачервоний (infrared);
MW – мікрохвильовий (microwave);
QCS – автоматична система контролю якості (quality control system).

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						6
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

ВСТУП

Папір – найпоширеніший у світі матеріал, без нього неможливо уявити наше життя: документи, книги, журнали, гроші, упаковка, санітарно-гігієнічні вироби та багато іншого. Виробництво паперу – процес складний та безперервний, трудомісткий та ресурсозатратний.

Паперова промисловість сьогодні має багато викликів: глобалізація загострює конкуренцію, цифровізація виборює першість серед носіїв інформації, ціни на енергоресурси зростають, екологічні вимоги посилюються.

Щоб зберегти виробництво, потрібні: заощадливі технології, стабільність на кожній стадії виготовлення продукту, наочність виконання технологічних операцій, їх повна простежуваність.

Основними факторами, що дозволяють сучасному підприємству залишатися конкурентоспроможними, є ціна та якість продукції. При цьому останнім часом роль нецінових факторів зростає. Тому кожне підприємство приділяє особливу увагу якості продукції, що виробляється, шляхом контролю технологічних параметрів на всіх стадіях виробництва. Ефективна система контролю дає змогу своєчасно впливати на рівень якості продукції, попереджувати, а також усувати можливі недоліки, і в умовах безперервного виробництва уникнути зайвих втрат.

Високих показників можна досягнути лише за допомогою часткової передачі функцій обслуговуючого персоналу системам вимірювання та автоматичного регулювання.

В результаті скорочення участі людини в технологічному процесі, зменшується кількість помилок, підвищується ефективність роботи підприємства. Як результат – отримання продукції високої якості при низькій собівартості.

Одним із способів вирішення такої задачі є встановлення на виробництві комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів паперу, яку виробники такого обладнання називають

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						7
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

автоматичною системою контролю якості (QCS). Комплексна QCS може складатися з сканерів та датчиків, встановлених у різних точках ПРМ. Отримані дані візуалізуються в єдиній системі відображення.

Мета цієї роботи – доповнити наявну QCS для більш узгодженої роботи, покращення виробництва, посилення контролю якості, зменшення кількості відходів продукції, енергозбереження та зниження витрат.

Для виконання поставленої мети пропонується забезпечити додатковий проміжний контроль вологості та температури в мокрій частині ПРМ, за допомогою якого будуть удосконалені режими роботи ПРМ, внесені зміни в технологічні карти кожного виду продукції, завдяки чому буде забезпечена стабільна робота сушильної частини, а коливання вологості готової продукції будуть мінімальними.

Задачі, які потрібно виконати для поставленої мети наступні:

- вивчення наявного досвіду контролю параметрів під час виробництва паперу із літературних джерел;
- зробити опис існуючої системи контролю якості;
- розробити структурну схему удосконаленої системи контролю якості;
- здійснити вибір необхідних датчиків контролю параметрів;
- описати алгоритм роботи удосконаленої системи контролю якості;
- підготувати інформаційні матеріали з охорони праці;
- представити інформацію про ефективність розробки та надати висновки.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						8
Зм	Лист	Но докум	Піппп	Лет		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Існуюча автоматична система контролю якості (QCS) призначена для технологічного контролю вологості та маси паперового полотна на кінцевому етапі його виготовлення (накат ПРМ), відображення результатів вимірювання і формування повідомлень про виміряні параметри для передачі по системному послідовному інтерфейсу і стандартним сигналам в систему документування і систему регулювання. Система універсальна і може застосовуватися на ПРМ паперової фабрики під час виробництва різних видів паперу.

Результатом розробки і удосконалення діючої QCS повинні стати оптимізація режиму сушки і покращення показників готової продукції за рахунок:

- 1) введення контролю вологості паперу після пресової частини ПРМ;
- 2) вимірювання температури повітря в зоні сушіння паперу.

Елементи розробки повинні бути інтегровані в діючу QCS, з можливістю он-лайн перегляду даних оператором, створення трендів, архівування, аналізу і керування.

1.2. Умови експлуатації

Система працює у закритому виробничому приміщенні.

Температура навколишнього середовища: 5°C – 45°C.

Температура сушильної частини ПРМ (під ковпаком): 5°C – 100°C.

Температура в серверній та операторській: 15°C – 25°C.

Відносна вологість повітря в серверній та операторській: $\leq 65\%$.

Номінальна напруга: 400 В, заземлення.

Напруга освітлення: 230 В.

Коливання напруги: $\pm 10\%$.

Частота: 50 Гц, коливання частоти: $\pm 1\%$.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						9
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Характер роботи QCS: безперервний, цілодобовий.

1.3. Технічні параметри системи

Вимоги до датчиків:

Контроль вологості паперу в накаті ПРМ (наявний):

- діапазон виміру: 2-20%;
- похибка вимірювання: $\pm 0,5\%$ (з довірчою ймовірністю 0,95);
- метод вимірювання: безперервне сканування паперового полотна.

Контроль вологості паперового полотна після пресової частини ПРМ (розробляється):

- діапазон виміру: 2-70%;
- похибка вимірювання: $\pm 2\%$;
- метод вимірювання: безперервне сканування паперового полотна.

Контроль маси 1 м^2 паперового полотна в накаті ПРМ (наявний):

- діапазон виміру: 40-180 г/м^2 ;
- похибка вимірювання: $\pm 1,7 \text{ г/м}^2$ (з довірчою ймовірністю 0,95);
- метод вимірювання: безперервне сканування паперового полотна.

Вимірювання робочої температури в сушильній частині ПРМ, (розробляється):

- діапазон виміру: 0-250 $^{\circ}\text{C}$;
- похибка вимірювання: $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- метод вимірювання: контактний, безперервний.

Вихідні дані:

- інтерфейс оператора відображає на моніторі операторської всі необхідні дані про роботу сканерів, статус сканерів та датчиків;
- звіти про роботу системи можуть бути роздруковані, в тому числі звіт за період роботи, звіт за видами продукції, екран профілів, екран трендів, екран аварійних сигналів, сервісні екрани та ін.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						10
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

1.4. Вимоги до конструктивного оформлення

Представлення існуючої схеми комп'ютеризованої системи контролю параметрів паперу на ПРМ.

Внесення змін в існуючу схему для досягнення нових технічних параметрів системи.

Опис конструкції:

- електрична шафа: вміст, клас захисту, габаритні розміри;
- сканер та датчики: технічні характеристики;
- кабелі: тип, довжина, з'єднання;
- система відображення: тип, розміри;
- інтерфейс оператора;
- аварійна сигналізація.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						11
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1. Загальний опис автоматичної системи керування технологічним процесом виробництва паперу

ПРМ – це багатосекційний агрегат безперервної дії, на якому із розведеної водою волокнистої суспензії целюлози з додаванням хімічних компонентів одержують папір.

Узагальнену схему ПРМ з основними функціональними частинами [18] показано на рис.2.1.

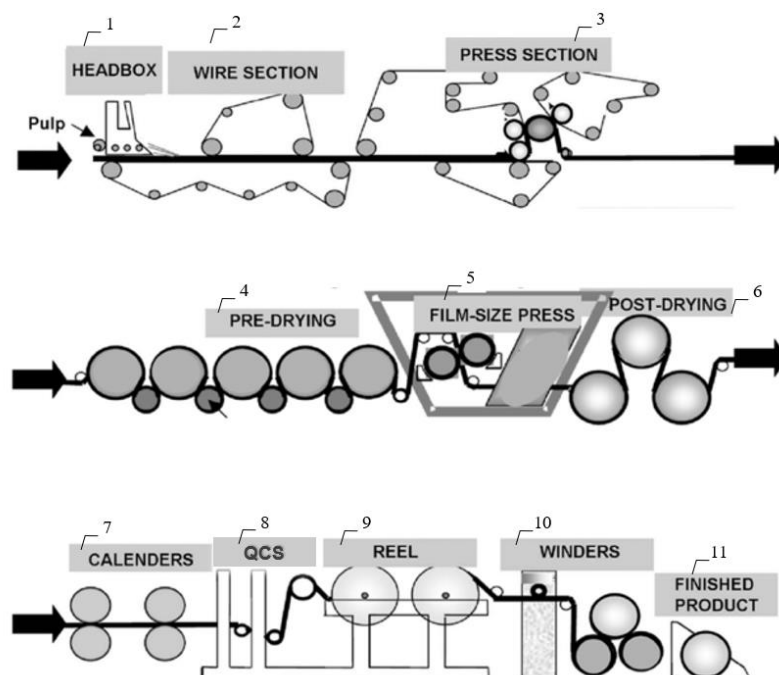


Рис.2.1. Схема ПРМ

- 1- формування паперового полотна (налив маси);
- 2- сіткова частина;
- 3- пресова частина;
- 4- попереднє сушіння;
- 5- поверхнева обробка;
- 6- остаточне сушіння;
- 7- каландрування;
- 8- контроль основних параметрів;
- 9- накат;

10- розрізання рулонів;

11- готова продукція.

Розрізняють два основних типи ПРМ:

- плоскіткові, призначені для вироблення більшості видів паперу;
- кругліткові, на яких виготовляється обмежений асортимент паперу та картону спеціального призначення.

Ці типи мають різні пристрої для випуску паперової маси на формуючу сітку ПРМ, а конструкція інших технологічних вузлів має аналогічну будову.

Паперова маса із целюлози з концентрацією 3-4% подається з розмольно-підготовчого відділення до машинного басейну, звідти вона надходить на ПРМ. Маса в машинному басейні постійно перемішується, чим досягається вирівнювання її ступеня помелу та концентрації по всьому об'єму. Маса розбавляється водою (частіше зворотною, одержаною від зневоднення на сітці ПРМ) до концентрації 0,1-1,5% і пропускається через двоступеневе очисне обладнання (центріскрини та центриклінери), де видаляються різні сторонні включення та грубі частинки мінерального та волокнистого походження. Після очищення паперова маса надходить у напірний ящик, який забезпечує рівномірну подачу на формування (1).

Папероробна машина складається таких основних частин:

- сіткової (2), де з розбавленої суспензії волокна (з доданими хімікатами) безперервно формується полотно паперу і видаляється перша частина води ;
- пресової (3), де триває зневоднення та ущільнення полотна паперу;
- сушильної (4), в якій за рахунок високої температури видаляється волога, що залишилася в паперовому полотні;
- оздоблювальної (5), де полотно піддається різним видам обробки поверхні (в залежності від призначення) для надання механічної міцності, гідрофобності, лоска, щільності, гладкості та ін. і намотується в рулони;
- сушильної (6), в якій за рахунок високої температури видаляється волога, яку паперове полотно отримало при поверхневій обробці.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						13
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Формування паперового полотна відбувається на нескінченій (круговій) сітці, виготовленої із бронзи або синтетичних матеріалів. Зневоднення паперової маси і формування полотна паперу відбуваються рахунок вільного стікання та відсмоктування вологи.

Далі волога видаляється під дією вакууму, створюваного спеціальними вакуумними насосами, полотно паперу містить ще 88-90% води, для видалення якої сітка разом з полотном паперу проходить над гауч-валом, який має 1-3 камери. Гауч-вал – це перфорований пустотілий циліндр із бронзового сплаву або нержавіючої сталі з площею перфорації близько 25% поверхні. На ньому завершується формування, і зневоднене полотно має вологість близько 80%.

Подальше зневоднення відбувається в пресовій частині механічним віджиманням шляхом пропуску полотна через один або кілька (2-5) вальцьових пресів, розташованих послідовно (часто перший і другий преси об'єднані в здвоєний прес). При цьому підвищуються об'ємна маса, міцність, знижуються пористість і вбираюча здатність паперу. Пресування виконується між за допомогою сукна(он), яке оберігає від руйнування, вбирає віджату вологу і одночасно транспортує паперове полотно. Кожен прес має своє сукно.

Далі паперове полотно відділяється від поверхні сукна і рухається самостійно. Вологість на вході у сушильну частину складає 50-60%.

Сушильна частина найбільша по довжині на ПРМ, вона складається з декількох груп обертових циліндрів. Циліндри обігріваються парою зсередини, а паперове полотно притискається до нагрітої поверхні циліндрів за допомогою синтетичних сіток, які покращують тепловіддачу і запобігають деформації поверхні паперу. Кожна група сушильних циліндрів має окремі сітки, причому одне сукно охоплює відразу два або кілька сушильних циліндрів. В сушильній частині ПРМ папір висушується до вмісту залишкової вологи 5-7%. На сучасних ПРМ між секціями сушіння може розташовуватися сайз-прес для поверхневого проклеювання паперу, в такому випадку перед та

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
Зм	Лист	Но докум	Піппи	Лат		14

нанесенням клею папір висушується до 1-2%, а після проклеювання знов має вологість до 40% і потребує додаткового сушіння.

Після сушіння папір охолоджується і дещо зволожується на холодильному циліндрі, іноді проходить кондиціювання.

На завершальному етапі папір проходить через каландри (7) – чавунні вали з ідеальною поверхнею. При русі між валами папір стає гладкішим, ущільнюється і вирівнюється по товщині.

Готовий папір намотується в рулони в накаті ПРМ (9).

Перед накатом на сучасних ПРМ проводиться контроль основних параметрів паперу (8).

Деякі параметри підтримуються автоматично за рахунок керування: маси 1м^2 – витратою і концентрацією розбавленої маси у напірному ящику, вологості – тиском пари у сушильних циліндрах, роботою кондиціонера та ін.

Рулони паперу розрізаються на поздовжньо-розрізному верстаті на необхідні формати (10). Одночасно папір сортується; обриви, що виникли під час його виготовлення, склеюються. Для отримання паперу в аркушах рулони подаються на машину для різки паперового полотна.

Готова продукція передається на пакування (11).

Кожна ПРМ виготовляє певний спектр паперу. Деякі машини, менші за розмірами, є багатоцільовими; інші, налаштовані на спеціалізований тип виробів, можуть досягати високих швидкостей виробництва.

2.2. Загальна інформація про автоматичну систему керування технологічним процесом виробництва паперу

Автоматична система керування технологічним процесом (АСКТП) виробництва паперу, в яку входить QCS, побудована по багатофункціональному принципу і виконує інформаційні, керуючі та допоміжні функції.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						15
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

До інформаційних функцій відносяться наочні дані, отримані в результаті роботи вимірювальних приладів: маса, вологість, концентрація, витрата, тиск, температура, швидкість в різних точках технологічного процесу, метраж паперового полотна та ін.

Керуючі функції – це вироблення і реалізація впливів на технологічний об'єкт. Вони реалізуються відповідно до закладених алгоритмів і інструкцій. На паперовому виробництві до них можуть бути включені керування масою 1м^2 , вологістю паперового полотна, тиском пари в сушильних циліндрах, керування витратою і концентрацією паперової маси та ін.

Допоміжні функції забезпечують рішення внутрішньо системних завдань, вони призначені для забезпечення власне функціонування АСКТП.

Майже всі технологічні параметри, присутні в реальному промисловому об'єкті, мають аналоговий або дискретний вигляд. Існує багато датчиків, які можуть перетворювати вимірювані величини тільки в аналоговий вигляд, а також багато виконавчих механізмів, що мають тільки аналогові вхідні сигнали. З іншого боку, новітні засоби автоматизації, які знаходять усе більше застосування в системах управління, використовують цифрове представлення оброблюваних величин.

Для того щоб зв'язати між собою параметри, використовуються пристрої зв'язку з об'єктами (ПЗО). Таким чином, ПЗО є невід'ємною частиною будь-якої системи керування, зокрема що використовує цифрові пристрої (промислові комп'ютери, обчислювальні мережі і т.д.) [4].

Для представлення місця ПЗО в процесі автоматизації виробництва подібні системи можна теоретично зобразити у вигляді схеми (рис 2.2).

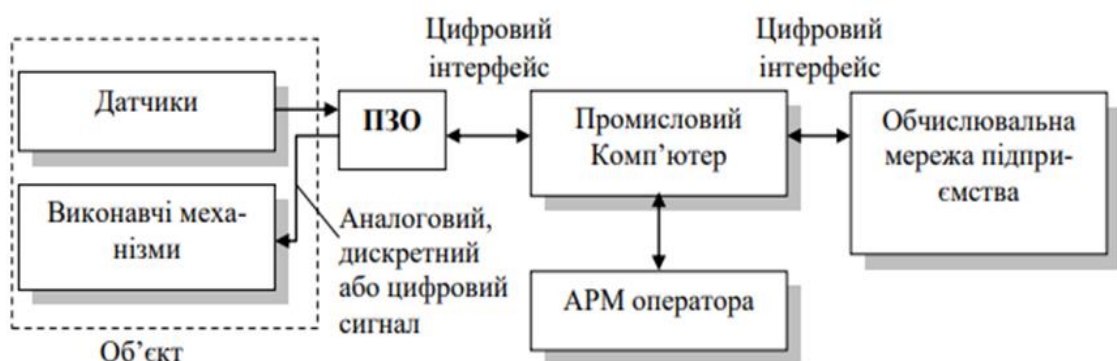


Рис.2.2. Пристрої зв'язку з об'єктами в процесі автоматизації
виробництва

АСКТП побудована на основі мікропроцесорних компонентів автоматизації у вигляді дворівневої структури систем контролю, керування, регулювання. Нижнім рівнем АСКТП є промислові контролери, верхній рівень складають автоматизовані робочі місця (АРМ). Зв'язок АРМ оператора з нижнім рівнем АСКТП реалізується за допомогою промислової мережі передачі даних.

Системи диспетчеризації, керування та збору даних – SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) є основним методом автоматизованого керування складними динамічними системами та процесами у життєво важливих та критичних, з точки зору безпеки та надійності, областях. Таким є і сучасне паперове виробництво. Основні функції SCADA-системи:

- збір, обробка та передача даних;
- відображення даних у цифровому та графічному вигляді (візуалізація);
- архівування (бази даних, бібліотека, паспортизація обладнання);
- оперативне інформування персоналу (тривоги та події);
- формування звітів, аналіз, планування.

АСКТП на ПРМ призначена для моніторингу стану, управління, вимірювання та контролю за основними параметрами на папероробній машині.

За допомогою програмного забезпечення на спеціальних технологічних станціях вона обробляє виміряні показники та приймає рішення про зміни у процесі виробництва паперу. Ці зміни відбуваються шляхом впливу на виконавчі механізми, такі як клапани, двигуни тощо. Складається з трьох основних частин:

- верхнього рівня (відображення технологічної інформації, зберігання даних і керування оператором)

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						17
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

- середнього рівня (отримання інформації від контрольно-вимірювальної апаратури і датчиків про стан технологічного процесу і видача команд керування на виконавчі механізми);
- нижнього рівня (керування виконавчими механізмами, що впливають на параметри технологічного процесу).

Всі рівні з'єднані між собою за допомогою мережових комунікацій.

Сервер – у комп'ютерній термінології може стосуватися окремого комп'ютера чи програми. Головною ознакою в обох випадках є здатність машини чи програми переважну кількість часу працювати автономно, без втручання людини, реагуючи на зовнішні події відповідно до встановленого програмного забезпечення. Втручання людини відбувається під час встановлення серверу і під час його сервісного обслуговування. Часто це роблять окремі адміністратори серверів з вищою кваліфікацією.

Тонкий клієнт (пристрій уведення та відображення інформації (термінал). Фізично це компактний і безшумний комп'ютер без жорсткого диска (і без вентиляторів), завантаження основної операційної системи якого відбувається на сервері.

Верхній рівень системи (рис. 2.3) складається з автоматизованих робочих місць. Робоче місце оператора та інженера включає в себе сервери, клавіатури, миші, звукові колонки та монітори. Для віддаленого доступу до серверів використовується тонкий клієнт.

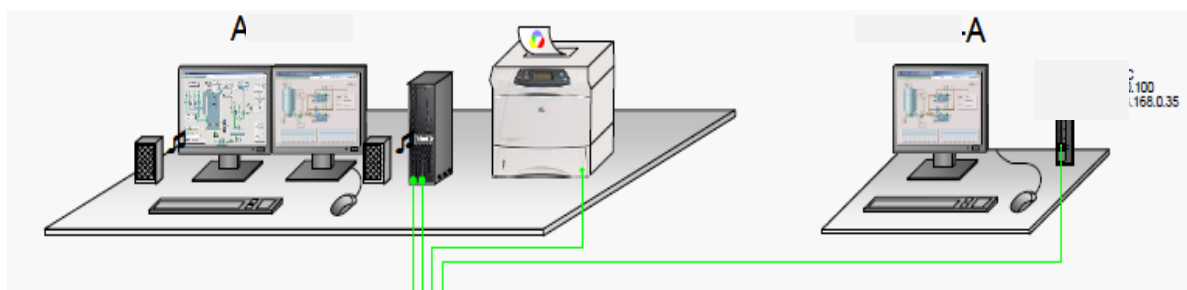


Рис. 2.3. Верхній рівень АСКТП

Середній рівень системи (рис.2.4) складається з промислових контролерів і серверів, а також комутаційного обладнання для підключення

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Дри
Зм	Дри	Ю лорум	Піллі	Лат		18

промислових протоколів. Середній рівень розміщується в окремій шафі для забезпечення захисту від зовнішніх факторів, таких як волога, пил, температура тощо. Шафа управління складається з серверів, контролерів, комунікаційного обладнання, оптичної панелі, джерел живлення та допоміжного обладнання.

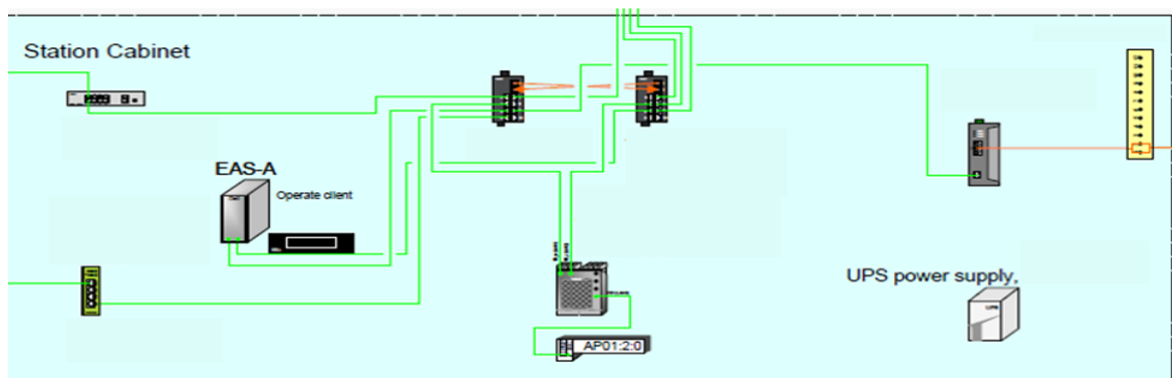


Рис. 2.4. Середній рівень системи, шафа управління

Нижній рівень системи складається з рами сканера з датчиками і повітрорудовкою. Параметри з датчиків передаються на контролери за допомогою оптичної кабельної лінії. Сканер QCS (рис.2.5) встановлений на кінцевій стадії папероробної машини для вимірювання якості виготовленого паперу.

Сканери виготовляються різних розмірів в залежності від ширини ПРМ. Кожний виробник має в своїй лінійці продуктів декілька варіантів виконання сканера з різними габаритними розмірами і для застосування в різних функціональних частинах ПРМ.

2.3.Огляд існуючих систем контролю якості паперу

Багато потужних компаній в світі пропонують комплексні системи контролю якості для забезпечення стабільної роботи папероробних підприємств. Провідні позиції у цьому напрямку займають:

- швецько-швейцарська транснаціональна корпорація ABB[7];

- американська корпорація Honeywell International [8];
- фінська компанія Valmet Oy [10];
- німецька компанія Voith Oy [11];
- японська інжинірингова компанія Yokogawa Electric Corporation [12];
- австрійський міжнародний концерн Andritz AG [13].

Українська компанія Trigla також є успішним представником цього напрямку [9].

Зазначені компанії спеціалізуються та впровадженні промислових систем контролю, керування технологічними процесами, а також захисту промислових установок від виникнення аварій та збоїв.

Діяльність зазначених вище компаній включає:

- розробку, модернізацію, впровадження АСКТП підприємств;
- розробку, збірку щитів та пультів управління;
- створення комп'ютеризованих диспетчерських пунктів з системами візуалізації технологічних процесів на базі SCADA-програм або панелей операторів різних фірм-виробників.

Особливе місце у впровадженні таких проектів в плані забезпечення якості продукції займає QCS, призначена для оперативного контролю та управління параметрами паперу в процесі його виробництва.

Базові функції таких систем у всіх виробників аналогічні. Різниця полягає у додаткових можливостях щодо контролю спеціальних властивостей, характерних для певних видів паперу.

Існує можливість застосувати контроль в різних точках ПРМ за допомогою декількох сканерів, робити до 16 вимірювань одним сканером одночасно, проводити вимірювання в певній фіксованій точці рухомого полотна для досягнення найкращого результату. Для кожного виду продукції потрібно обрати оптимальний набір вимірювань, що забезпечуватиме надійну якість при найменшому інформаційному навантаженні для оператора.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						20
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Можливості автоматизованого контролю якості паперу на ПРМ представлено на прикладах відкритої інформації від провідних виробників (рис.2.5-2.10).

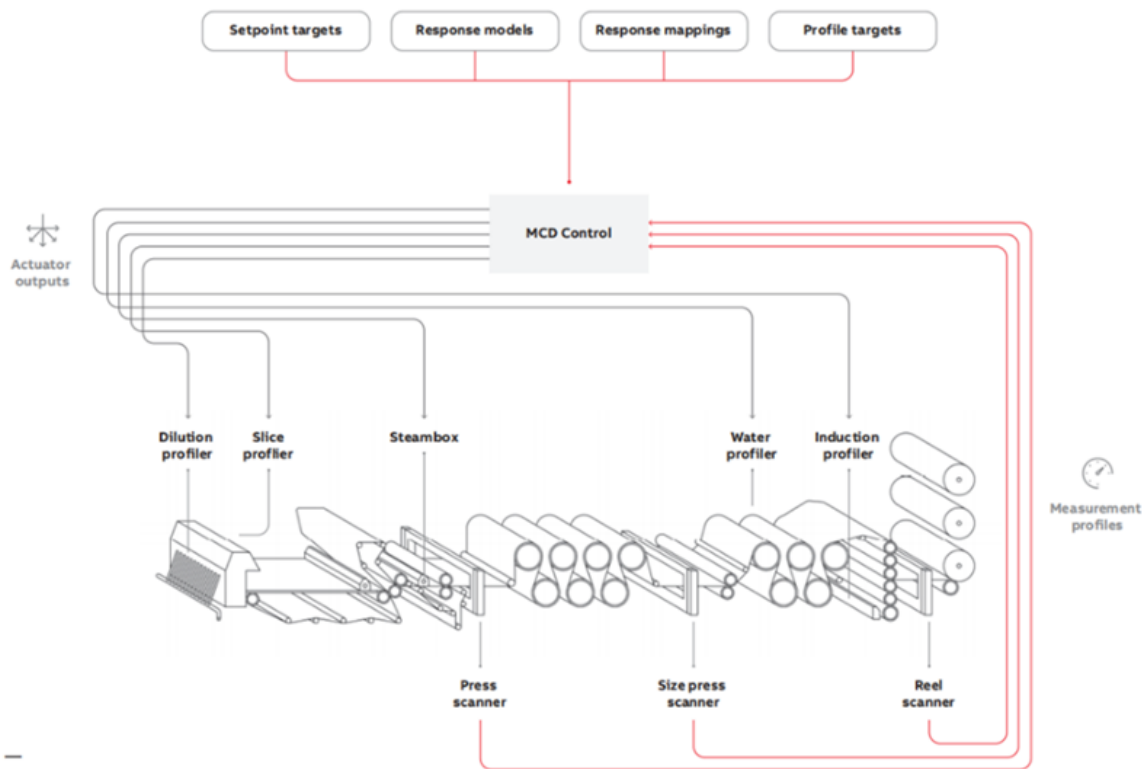


Рис. 2.5. Контроль якості на ПРМ від ABB



Рис. 2.6. Сканери на ПРМ від Honeywell

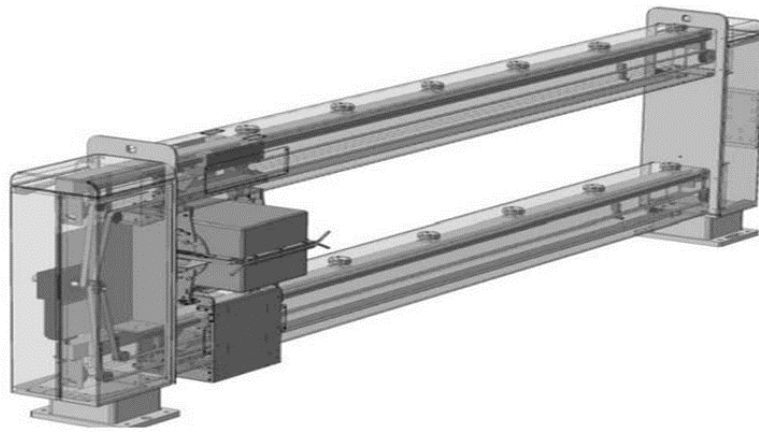


Рис. 2.7. Сканер на ПРМ від Triglia

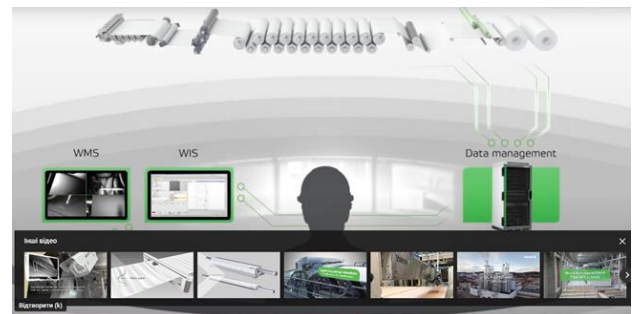


Рис. 2.8. Контроль якості на ПРМ від Valmet

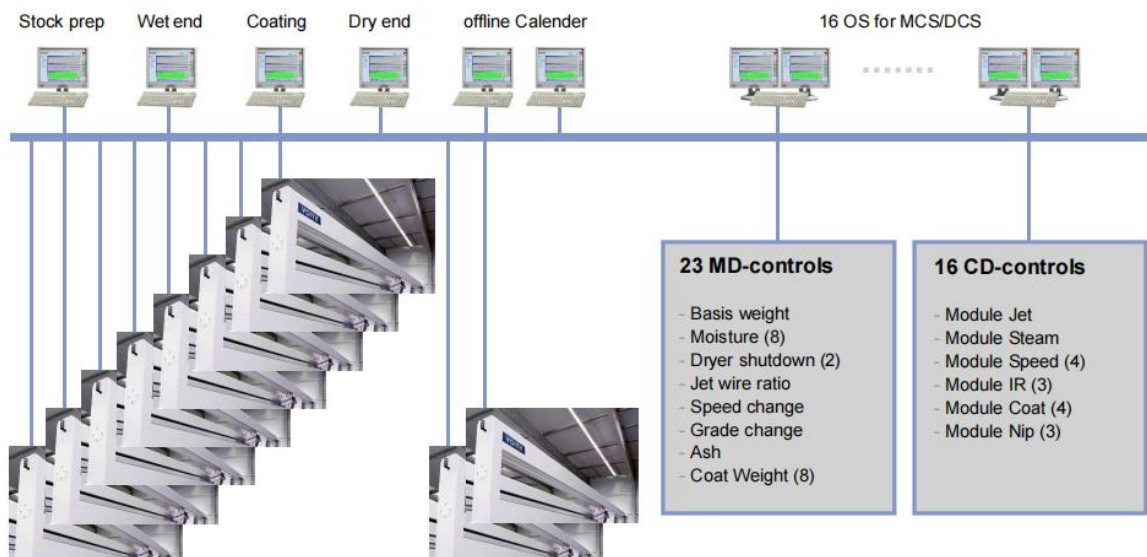


Рис. 2.9. Контроль якості на ПРМ від Voith

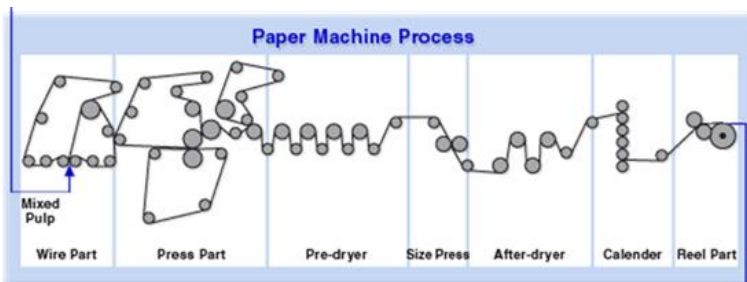


Рис. 2.10. Контроль якості на ПРМ від Yokogawa

За результатом вивчення QCS від різних виробників нижче представлено порівняльну таблицю 2.1 їх можливостей вимірювання параметрів паперу за наявними датчиками.

Таблиця 2.1 Порівняння можливостей QCS різних виробників

Параметр	ABB	Honeywell	Trigla	Valmet	Voith	Yokogawa
Мокра частина ПРМ						
Профіль	+				+	+
Зольність				+		
Пресова частина ПРМ						
Вологість	+				+	
Поверхнева проклейка						
Вага покриття						+
Накат ПРМ						
Маса 1м ²	+	+	+	+	+	+
А.с. вага	+	+	+	+	+	+
Вологість	+	+	+	+	+	+
Зольність	+		+	+	+	+
Товщина	+	+	+	+	+	+
Гладкість						+
Вага покриття	+	+		+	+	+
Колір	+	+		+		+
Яскравість	+			+		
Непрозорість	+		+			
Глянець	+	+		+		+
Пористість		+		+	+	

Орієнтація волокон або профіль	+	+		+	+	+
Структура, формування	+	+		+		

В таблиці знаком «+» позначені датчики, якими опційно комплектується QCS. Як правило, функції вимірювання маси 1м² та вологості – головні. Опційні датчики підключаються відразу або в процесі удосконалення виробництва.

Фактично вибір автоматичної системи здійснюється за параметрами ПРМ. Скануючий пристрій повинен відповідати ширині паперового полотна в зоні його встановлення, а набір датчиків – задовольняти вимогам щодо контролю основних показників якості паперу.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ

3.1 . Види та способи контролю параметрів на ПРМ

На ПРМ розрізняють два види контролю в залежності від можливості подальшого застосування виробу: руйнівний та неруйнівний. В залежності від обсягу, що перевіряється, відрізняють вибірковий і суцільний контроль.

Під час безперервного виробництва для гарантованої якості продукції і запобігання утворенню додаткових технологічних відходів, пов'язаних з відбором і контролем випробувальних зразків, застосовуються автоматичні системи, які здійснюють суцільний контроль основних параметрів неруйнівним способом. При наближенні вихідних значень до критичної межі, система сигналізує про необхідність корегування попередніх стадій технологічного процесу. В залежності від рівня автоматизації технологічного процесу, корегування проводиться в ручному або автоматичному режимі.

QCS використовується для вимірювання та контролю параметрів процесів та продукції в режимі он-лайн. При одночасному вимірюванні контролюється одна чи кілька властивостей. Для виробництва паперу, яке працює у режимі 24/7 і в накаті ПРМ формується продукція у вигляді

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
Зм	Лист	Но докум	Піппп	Лат		24

безперервного рулону, QCS є обов'язковою. При цьому на інших стадіях виробництва паперу (підготовка паперової маси і розчинів хімікатів) використовуються методи періодичного (вибіркового) контролю.

На PPM QCS призначена для безперервного вимірювання та контролю властивостей рухомого полотна у двох вимірах: у машинному напрямку (MD) і в поперечному напрямку (CD). Основна система вимірювання якості, як правило, включає вимірювання профілю вологості і базову вагу паперового полотна.

Безперервні вимірювання можуть крім того включати: вміст золи, колір, яскравість, гладкість і блиск, вагу шару поверхневого покриття, однорідність формування, пористість, орієнтацію волокон і властивості поверхні.

Неможливо здійснити контроль всіх бажаних параметрів одним універсальним пристроєм, тому на папероробних машинах можуть одночасно використовуватися до десяти сканерів та датчиків, встановлених у різних точках (пресова частина, перед поверхневою проклеюю, у накаті). Набір параметрів контролю залежить від виду продукції і вимог до неї. Отримані дані візуалізуються в єдиній системі відображення.

Підбір видів і способів вимірювання, конкретних приладів та їх інтеграція його в діючу QCS здійснюється для кожної PPM індивідуально, в залежності від специфікацій готової продукції і можливостей підприємства. Сучасні засоби для вимірювання пропонують різні виробники, вони можуть мати різний принцип роботи.

3.2. Інформація про вимірювальні параметри і датчики QCS

Виробництво паперу є одним із найскладніших промислових процесів у сучасному світі. Швидкість процесу в поєднанні з вимогами до якості готового продукту означає, що потрібні найсучасніші вимірювання та методи контролю, щоб постачати папір, який відповідає специфікаціям. Існує багато технічних рішень для узгодженої роботи та покращення виробництва та багато

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						25
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

параметрів, які вимірюються та регулюються на ПРМ задля досягнення поставлених цілей.

Більшість датчиків розташовуються в секціях сканера (рис 3.1), яких одночасно може бути передбачено до 6 одиниць, або закріплюються в різних зонах ПРМ по ходу паперового полотна в окремих точках.



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд датчика в корпусі

Маса 1м^2 . Одиниця вимірювання – грам (г).

Сучасні виробники якісного паперу повинні задовольняти суворі вимоги клієнтів щодо однорідного паперу як у машинному (MD), так і в поперечному (CD) напрямку.

Точне вимірювання та контроль базисної ваги має вирішальне значення для виконання специфікацій якості замовника.

Датчики ваги (рис.3.2) вимірюють загальну масу матеріалу в аркуші, щоб визначити його середнє значення на одиницю площі, а також рівномірність розподілу по всьому аркушу.



Рис. 3.2. Датчик маси 1м^2

Маса 1м^2 може бути виміряна за допомогою кількох різних сенсорних технологій, які вибираються відповідно до природи вимірюваного матеріалу. Ядерні ізотопні та рентгенівські датчики зазвичай використовуються для середніх і важких матеріалів, таких як письмовий папір, дошка, пластик і метали, тоді як інфрачервоні датчики можна використовувати для легких аркушів, таких як серветка. Принцип вимірювання полягає в тому, що вага аркуша пропорційна кількості випромінювання або інфрачервоної енергії, яку він поглинає.

Вологість. Одиниця вимірювання – відсоток (%).

Точне вимірювання вологості також має вирішальне значення для виробництва паперу, оскільки майже кожен контрольований параметр папероробної машини впливає на вологість.

Датчики вологості (рис.3.3) вимірюють масу води в аркуші, використовуючи двосторонній або односторонній метод. Трансмісійний датчик вологи використовується разом із датчиком ваги, можна обчислити відсоток води від загального аркуша та кількість сухого волокна. Односторонні датчики вологості можуть безпосередньо вимірювати відсоток вологості без датчика ваги.

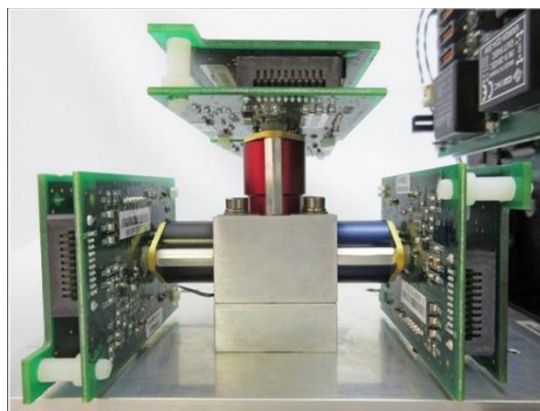


Рис. 3.3. Датчик вологості

Для легких і середніх сортів вологість можна виміряти за допомогою трансмісійного або одностороннього інфрачервоного датчика. Для більш важких сортів використовується трансмісійний мікрохвильовий датчик.

Вимірювання базується на визначенні того, скільки інфрачервоної або мікрохвильової енергії поглинає вода в листі.

Точне вимірювання вологості протягом усього процесу виготовлення паперу забезпечує оптимальне сушіння для досягнення цільових показників якості продукції. Це також дозволяє виробнику паперу мінімізувати споживання енергії для досягнення цільових витрат або збільшити швидкість виробництва для досягнення виробничих цілей.

Датчики маси і вологості – основні для контролю виробництва. Їх випускають всі виробники QCS.

Існують також більш специфічні датчики, які застосовуються в залежності від специфікації паперу.

Зольність. Одиниця вимірювання – відсоток (%).

Сучасні виробники паперу виробляють продукцію найвищої якості, використовуючи різноманітні матеріали, включаючи перероблені волокна та замітники волокон. Багато виробників паперу також переходять від кислотних систем до лужних, змінюючи суміші добавок і збільшуючи загальний рівень золи. Поєднання цих тенденцій робить точні онлайн-виміри золи набагато складнішими.

2-компонентні та 3-компонентні рентгенівські вимірювання точно вимірюють вагу золи в широкому діапазоні застосувань. Датчики дуже чутливі до неорганічних добавок, які використовуються у виробництві якісного паперу, таких як наповнювачі та покриття. Попередньо відкалібровані на заводі, ці датчики можуть вимірювати масу золи до трьох компонентів одночасно.

Товщина. Одиниця вимірювання – мікрон (мкм)

Сучасні виробники високоякісних марок постійно прагнуть задовольнити суворі вимоги клієнтів до однорідного паперу. Точне

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						28
Зм	Лист	№ докум	Піппл	Лат		

вимірювання та контроль товщини мають вирішальне значення для визначення якості паперу та досягнення сприйняття споживачами.

Датчики вимірюють профіль товщини аркуша під час його виробництва. Датчики товщини (рис.3.4) можуть торкатися обох сторін аркуша, однієї сторони або бути безконтактними.



Рис. 3.4. Датчик товщини

Контактні датчики підтримують м'який контакт з обома сторонами аркуша та використовують магнітну індуктивність для визначення його товщини. Цей метод вимірювання підходить для широкого діапазону процесів виробництва листів. Для листів з гладкими нелипкими поверхнями можна використовувати безконтактний датчик індуктивності з «повітряним підшипником».

Оптичний датчик торкається лише однієї сторони аркуша. Він доступний для сортів паперу, де контактний метод непрактичний або проблематичний. Це зменшує похибки вимірювання, пов'язані з налипанням, накопиченням покриття та зносом контактних чутливих елементів. Це також зменшує втрати виробництва, пов'язані з отворами, спричиненими контактом, і маркуванням на аркуші.

Для виробників паперу проблеми з виготовленням бобіни та технологічністю під час переробки, друку та обробки аркушів викликають потребу в плоских профілях. Вимірювання товщини є основою для контролю профілю машинного та поперечного профілю паперу.

Непрозорість.

Непрозорість залежить від інтенсивності світла, що проходить через аркуш. Датчик забезпечує вимірювання непрозорості аркуша відповідно до стандарту TAPPI, незалежно від складу аркуша та ефектів яскравості. Запатентовані оптичні методи та обробка сигналу змінюють дані для точного вимірювання непрозорості. Наприклад, вікно з опалового скла забезпечує світлорозсіювальну основу для зразка, що вимірюється, щоб отримати єдину калібрувальну криву, коли відбуваються варіації коефіцієнта відбиття від ступеня до ступеня.

Яскравість.

Яскравість - це світло, відбите від паперу, що потрапляє в оптичний блок детектування, який відображає пляму на детекторі. Датчик забезпечує вимірювання яскравості листів відповідно до стандарту TAPPI. Вимірювання відбиття яскравості компенсується вимірюванням непрозорості. Відбивну здатність нескінченно товстого стосу паперу можна передбачити, вимірявши один аркуш.

Колір.

Вимірювання координат кольору відповідно до різних стандартів.

Датчик нового покоління містить світлодіодну технологію, яка робить вимірювання кольору швидшим і надійнішим.

Датчик кольору (рис.3.5) забезпечує безперервне сканування вимірювання кольору, яскравості, білизни та флуоресценції, які є основою контролю кольору. Датчик глянцею забезпечує точні, повторювані вимірювання глянцею, які відповідають стандартам TAPPI.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						30
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

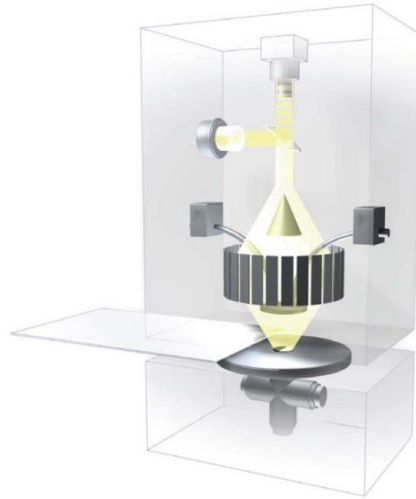


Рис. 3.5. Датчик кольору

Датчик кольору освітлює аркуш двома різними джерелами світла та використовує два спектрометри лабораторного класу, щоб забезпечити безперервне вимірювання на чорно-білій основі для точного вимірювання кольору, незважаючи на коливання ваги та непрозорості.

Датчик блиску визначає частку світла, що падає від світлодіодного джерела, яке відбивається від аркуша, коли кути падіння та відбиття однакові. Унікальна оптична конструкція мінімізує чутливість для забезпечення точного вимірювання профілю CD.

Вимірювання кольору є основою для контролю та автоматичного дозування до шести різних барвників, щоб мінімізувати відхилення координат кольору продукції. Точність вимірювань дозволяє виробникам паперу автоматично й точно контролювати колір до цільового відтінку.

Високоєфективне вимірювання кольору покращує точність під час виробництва паперу та картону завдяки використанню безперервного світлодіодного джерела світла та високошвидкісного спектрометра для швидшого та надійнішого вимірювання кольору, яскравості, непрозорості та білизни.

Вага покриття. Одиниця вимірювання – грам на 1 м² (г/м²).

Рівномірність щільності шару покращує зовнішній вигляд і характеристики друку, підвищуючи придатність до друку та переробки. Точний і послідовний контроль нанесення покриттів допомагає виробникам паперу зменшити відмову та зниження якості, зберігаючи при цьому сировину та енергію.

Датчики ваги покриття (рис.3.6) безпосередньо вимірюють покриття, нанесені на такі основи як папір, забезпечуючи швидкі та точні вимірювання, придатні для контролю ваги покриття в машині та в поперечному напрямку.

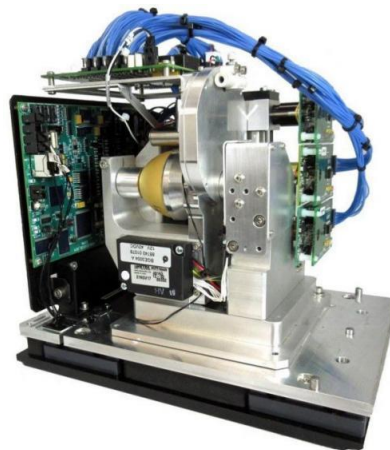


Рис. 3.6. Датчик ваги покриття

Односторонні датчики ваги покриття працюють за принципом вибіркового поглинання інфрачервоної енергії. Датчики можна налаштувати для вимірювання таких покриттів, як карбонат кальцію, глина, латекс, поліетилен, поліпропілен і поліетилентерефталат. Датчики можна встановити на односторонніх сканерах для вимірювання однієї сторони аркуша або у верхній і нижній головках сканерів для вимірювання обох сторін аркуша.

Оптимізація кількості нанесеного покриття має вирішальне значення для відповідності специфікаціям глянцею та здатності друку для крейдованого паперу, для забезпечення сталої роботи субстратів з полімерним покриттям і для зменшення втрат під час запуску.

Блиск

Глянець - це міра оптичного відбиття поверхні паперу. Оскільки глянець важливий для візуального ефекту та є важливим компонентом друку паперу, цей параметр вимірюється для високоякісних та крейдованих сортів, суперкаландрованих, публікаційних сортів та крейдованих картонів.

Оптичні властивості – поєднує в собі вимірювання трьох візуальних властивостей паперу – формування, непрозорість, яскравість – в одній компактній головці. Безперервне та повторюване вимірювання формування аркушів онлайн, що дозволяє прогресивним виробникам паперу отримати вигоду з цього виміру видимості процесу. Крім того, він одночасно вимірює непрозорість і яскравість, що призводить до значних економічних і якісних переваг.

Вимірювання оптичних властивостей використовує три одночасних вимірювання. Перший являє собою пучок оптичних волокон діаметром 1 міліметр. Друге концентричне вікно непрозорості шириною 30 міліметрів. Датчик обчислює середньоквадратичну відносну оптичну густину на основі цих двох вимірювань, щоб визначити індекс утворення. Це рішення дозволяє датчику бути нечутливим до швидкості, бруду та зміни ваги. Третє вимірювання – це вимірювання відбиття яскравості листа. Вся інформація відображається на станції оператора на сторінках трендів, профілів і підсумкових відео процесів.

Датчики поверхні та структури.

Датчики поверхні та структури (рис.3.7) надають виробникам цінну інформацію про якість аркуша, а саме вони пропонують рішення для вимірювання таких властивостей як орієнтація волокон, пористість, формування, структура поверхні та якість крепування. Ці параметри визначають технологічність, здатність паперу рухатися через конвертерне обладнання, прес або копіювальний апарат. Погана керованість може викликати розчарування, втрачати час і знизити прибутки.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		33

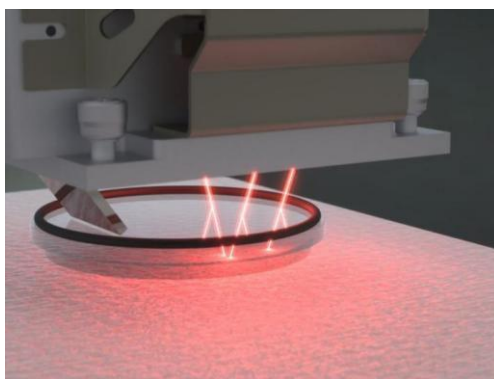


Рис. 3.7. Датчики поверхні та структури

Поверхневі та структурні датчики застосовують різні технології, такі як оптичні технології та технології обробки зображень, і вони надають зображення, дані аналізу та змінні, які візуалізуються на дисплеях користувача та використовуються в алгоритмах інформації та системи керування. Дані, надані цими датчиками, також доступні для звітування про якість виробництва та довгострокової історії процесу.

Поверхневі та структурні датчики можуть виявляти аномалії якості листа, викликані дефектами елементів технологічної машини або відхиленнями в якості заготовки, процесу мокрого кінця або секції формування. Ці датчики надають важливу інформацію для оптимізації та контролю якості листа, наприклад пористість або міцність листа. Крім того, поверхневі та структурні датчики дозволяють зменшити вибракування, скоротити нестандартне виробництво та оптимізувати обслуговування технологічних пристроїв та контрольно-вимірювальних приладів.

3.3. Існуюча система контролю параметрів паперу на ПРМ

Загальна характеристика ПРМ:

- призначення – виготовлення електроізоляційних видів паперу;
- маса 1 м² паперу в накаті – 50-300 г;
- абсолютна вологість паперу в накаті – 2-15 %;

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		34

- швидкість ПРМ – до 150 м/хв;
- обрізна ширина паперового полотна – 2500 мм;
- продуктивність – до 15 т/добу.

Переважним видом продукції, що виробляється, є кабельний папір таких марок (цифри означають масу 1м²):

- К-080, К-120, К-170 – двошарова;
- КМ-080, КМ-100, КМ-120, КМ-140, КМ-170 – багатошарова;
- КПМ-140, КПМ-120 – багатошарова зміцнена.

Основні параметри в специфікації паперу – це маса 1 м², абсолютна вологість товщина та питома електропровідність. Для забезпечення якості готової продукції відповідно до вимог специфікації були обрані існуючі параметри контролю в накаті ПРМ.

Конфігурація існуючої QCS з описом рис.3.8 – 3.10

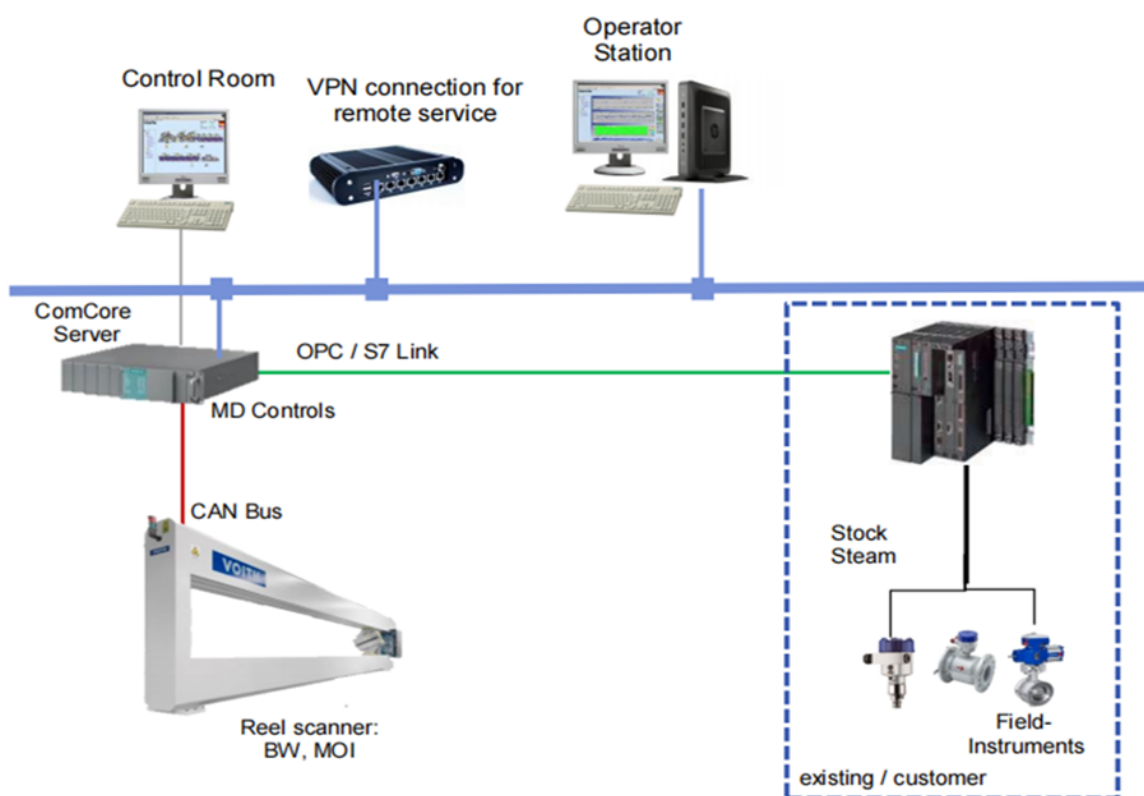


Рис.3.8. Конфігурація існуючої QCS

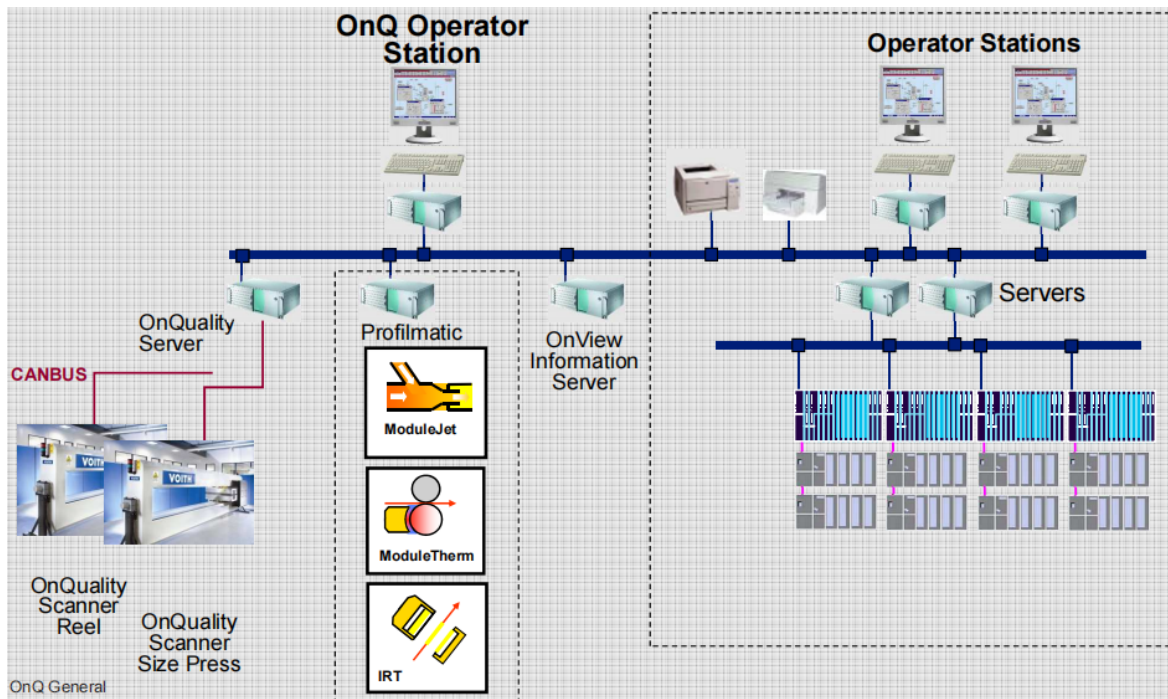


Рис.3.9. Конфігурація QCS на базі PCS7

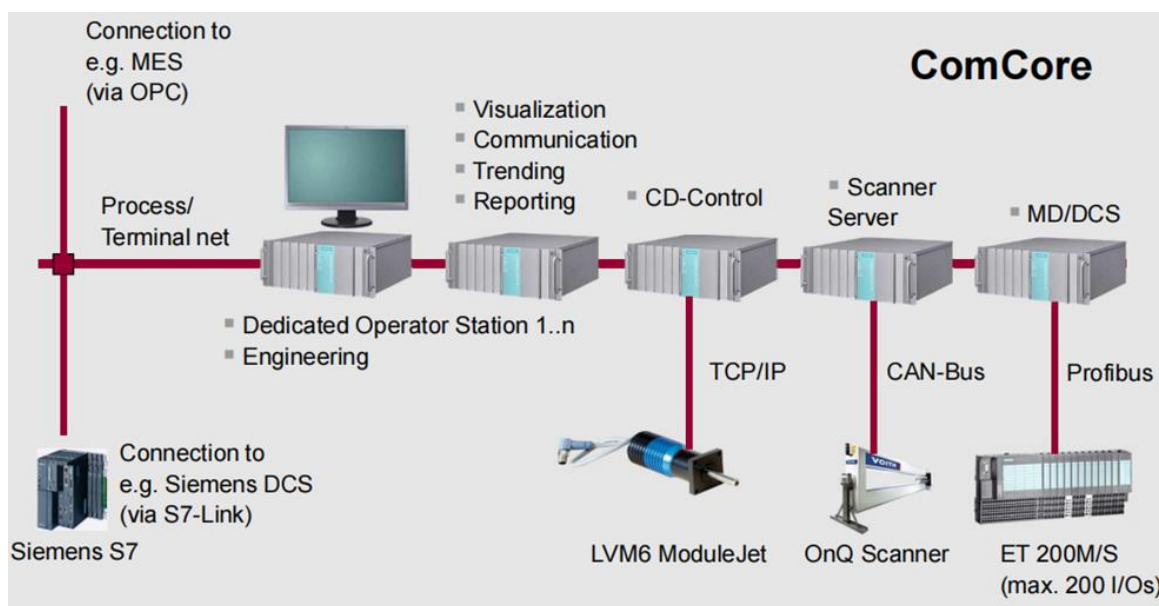


Рис.3.10. Конфігурація QCS для PC платформи

Кліматичне виконання – умови, в яких допустиме експлуатувати QCS, відноситься до категорії УХЛ-4 – тільки для закритих приміщень з регулюванням робочої температури (вентильовані приміщення або з опаленням), концентрація пилу повинна бути низькою.

Рама сканера:

- міцна конструкція сканера основана на концепції монолітної балки з вимірювальною платформою, призначена для роботи в жорстких умовах;
- швидке сканування у поєднанні зі швидкою обробкою сигналів забезпечує профіль високої роздільної здатності в МН і ПН;
- тип сканера 5001;
- швидкість сканера – до 600 мм/с;
- доступні слоти для датчиків – 3;
- ширина сканування – 2500 мм;
- максимальна ширина полотна 2600 мм.

Електрична шафа SEB:

- складається з із апаратного забезпечення, інтерфейсу шини CAN до ComCore.
- SEB розташовується в сталевій шафі;
- температура навколишнього середовища – до 40 °С;
- клас захисту IP 54;
- максимальна довжина кабелю до PC- Station – 100 м;
- максимальна відстань до сканера – 20 м;
- габаритні розміри ВхШхГ 1000х800х300 мм.

Пристрій охолодження:

- блок охолодження забезпечує замкнений контур водяного охолодження для датчиків та електрообладнання сканера;
- напруга 110/230 В;
- частота 50/60 Гц;
- потужність 1,8 кВА.

Продувка повітрям:

- повітродувка (з двигуном та фільтром) забезпечує сканер повітрям для охолодження та для запобігання забруднення, створює надлишковий тиск усередині рами сканера;
- максимальний об'єм (ненагрітий) – 1960 м³/ч;

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						37
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

- гнучкий шланг и колено – 20 м.

Платформа ComCore:

- промисловий ПК для встановлення у шафу;
- Siemens PC 847D з XEON E3, 16GB SDRAM, RAID 1; 2x 1TB HD; 7x PCI, 3x PCIe x4, 1x PCIe x16 / DVD±RW;
- Windows 7 Ultimate 32 Bit SP1, включаючи всі необхідні ліцензії ПЗ для використання;
- Монітор TFT 24”, клавіатура, мишка.

Інтерфейс оператора:

- Операторський інтерфейс відображає всі необхідні робочі сторінки для роботи сканера, статусу сканера та датчиків, складання трендів та звітів, керування у MD.

ПЗ вимірювального сервера керує функціями сканера через інтерфейс шини CAN. Воно обробляє дані датчиків для фільтрації профілів та надання зумовлених значень з візуалізації, трендів, звітів, керування у MD згідно з запитом.

Для віддаленого обслуговування встановлено окремий сервер віддаленого обслуговування, що дозволяє кожному спеціалісту з обслуговування Voith підключатися до системи клієнтів з усього світу через центральний портал. Усі вхідні та вихідні набори зареєстровані.

3.4. Обґрунтування програмованого логічного контролеру

Програмований логічний контролер (ПЛК) – це електронний пристрій, який застосовується для автоматизації технологічних процесів. По своїй суті він є апаратно-програмною системою реального часу – комп'ютером, призначеним для запуску операційної системи і прикладних програм, які реалізують потрібні алгоритми [1].

Найголовнішою відмінністю ПЛК від комп'ютерів загального призначення є значна кількість пристроїв вводу-виводу для давачів та

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		38

виконавчих пристроїв, а також можливість надійної роботи при несприятливих умовах: широкий діапазон температур, висока вологість, сильні електромагнітні завади, вібрації тощо. На відміну від мікроконтролера ПЛК є самостійним пристроєм. Також вони орієнтовані на роботу з машинами через розгалужену систему вводу-виводу для введення сигналів датчиків і виведення сигналів на виконавчі механізми.

ПЛК є центральною ланкою промислової системи контролю якості.

Він виконує такі функції:

- збір всіх контрольованих сигналів від первинних пристроїв і датчиків;
- обробка сигналів, математичні розрахунки та виведення сигналів за заданим алгоритмом;
- забезпечення передачі вимірюваних сигналів від датчиків на пристрій людино-машинного інтерфейсу (операторську станцію);
- управління приводною частиною скануючого пристрою;
- контроль контурів ПРМ.

Кожний виробник QCS пропонує свій тип ПЛК на базі власних розробок або з використанням універсальних розробок відомих брендів.

Власні розробки ПЛК мають компанії Valmet, ABB, Yokogawa, Honeywell.

Компанії Trigla та Voith розробляють автоматичні системи на базі контролерів SIMATIC від Siemens – найбільшого у Європі міжнародного концерну, що працює у галузі електротехніки, електроніки, енергетики, машинобудування, медицини, зв'язку та світлотехніки.

Без ПЛК автоматичний контроль якості неможливий, тому необхідно обрати контролер, сумісний з наявною АСКТП, а в умовах цієї розробки – з наявною QCS оскільки програмне забезпечення є власністю виробників ПЛК.

3.5. Обґрунтування датчиків

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						39
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Задачею розробки є вимірювання додаткових параметрів паперового полотна після пресовій частині ПРМ з метою регулювання технологічного процесу і позитивного впливу на якість кінцевого продукту – паперу.

Такими параметрами можуть стати:

- вологість, яка дозволить оцінити ступінь зневоднення в мокрій частині ПРМ, відобразити поперечний профіль паперового полотна і як результат відкоригувати роботу формувальної, пресової і сушильної частини ПРМ;

- температура повітря під ковпаком сушильної частині, яку можна оптимізувати шляхом регульованої роботи витяжного вентилятора.

На вибір датчиків впливатимуть умови їх експлуатації і межі та точність вимірювань.

Датчик вологості.

Датчик вологості, встановлений в рамі сканера накату ПРМ призначений для контролю паперу з вологістю від 2 до 20%.

Принцип вимірювання вологості ґрунтується на визначенні інтенсивності інфрачервоного (IR) випромінювання, відбитого від паперу, що контролюється. Вимірювання проводиться на довжині хвилі 1,93 мкм, а для зменшення впливу неінформативних параметрів папір опромінюють також ІЧ з опорною довжиною хвилі 1,75 мкм, яка практично мало поглинається водою.

Для використання в умовах підвищеної вологості датчик такого типу не підходить. Для зони після пресу ПРМ необхідно підібрати сенсор, який зможе вимірювати значення вологості щонайменше до 70%.

За результатами опрацювання доступних інформаційних ресурсів, визначено що відповідні властивості мають мікрохвильові (MW) датчики [20]. За своєю будовою MW датчики є безконтактними, що надає їм перевагу при вимірюванні вологості важких сортів паперу, багатошарових виробів, таких як картон, та застосування в пресовій частині ПРМ. На результати вимірювань не впливають залишки чорнила в переробленому папері, колір аркуша, структура поверхні, розшарування, різний рН або вміст солі в технологічній воді. Навіть

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						40
Зм	Лист	№ докум	Піппп	Лат		

наявність в папері каоліну, двоокис титану або оптичних наповнювачів практично не впливає на показники вологості (рис.3.11).

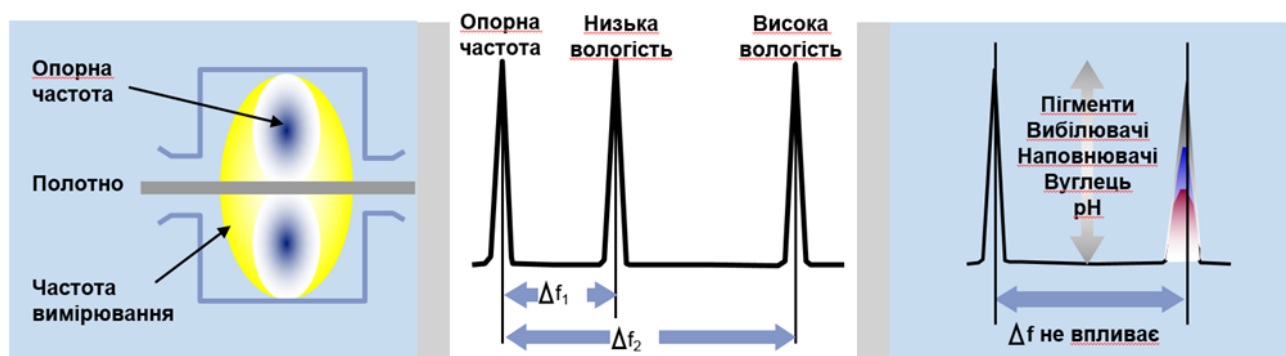


Рис.3.11. Принцип дії MW датчиків вологості.

В наступному розділі буде здійснено вибір датчика вологості, який відповідатиме заданим умовам і працюватиме за мікрохвильовим принципом.

Датчик температури.

В технологічних процесах найпоширенішими (близько 50%) є температурні виміри. Наприклад, середня за величиною атомна станція налічує приблизно 1500 контрольних (вимірювальних) точок, а велике хімічне виробництво – близько 20 тис.

Оскільки діапазони вимірювань можуть сильно відрізнятися один від одного і умови також різні, типи датчиків (і первинних перетворювачів) розробляються відмінними по точності, стійкості, швидкодії.

Для даної розробки буде обрано датчик, який працюватиме в безперервному режимі у важкодоступному місці в умовах високої вологості. При цьому він повинен мати точність вимірювання не нижче, ніж у завданні, і високу швидкодію.

3.6. Розробка структурної схеми

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		41

Попередня структурна схема вимірювальної системи контролю параметрів паперу показана на рис.3.12.

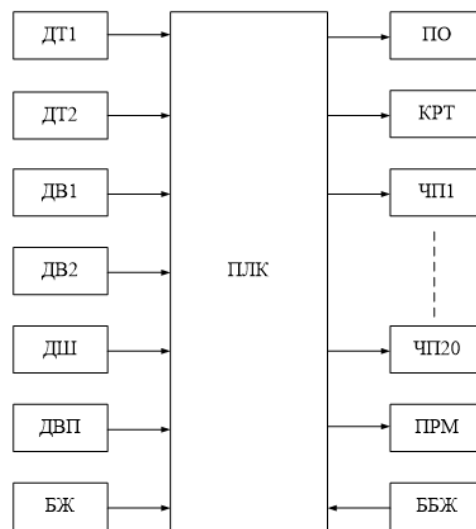


Рис.3.12. Попередня структурна схема QCS

Наступним етапом розробки є побудова детальної структурної, функціональної та принципової схем.

Структурна схема, зображена на рис.3.13, призначена для відображення системи контролю та керування виробничими процесами даного об'єкта і встановлює зв'язки між щитами, пунктами керування, оперативними робочими постами основних груп технологічного обладнання.

Дана схема показує адміністративно-технічну суть централізованого управління об'єктом [1].

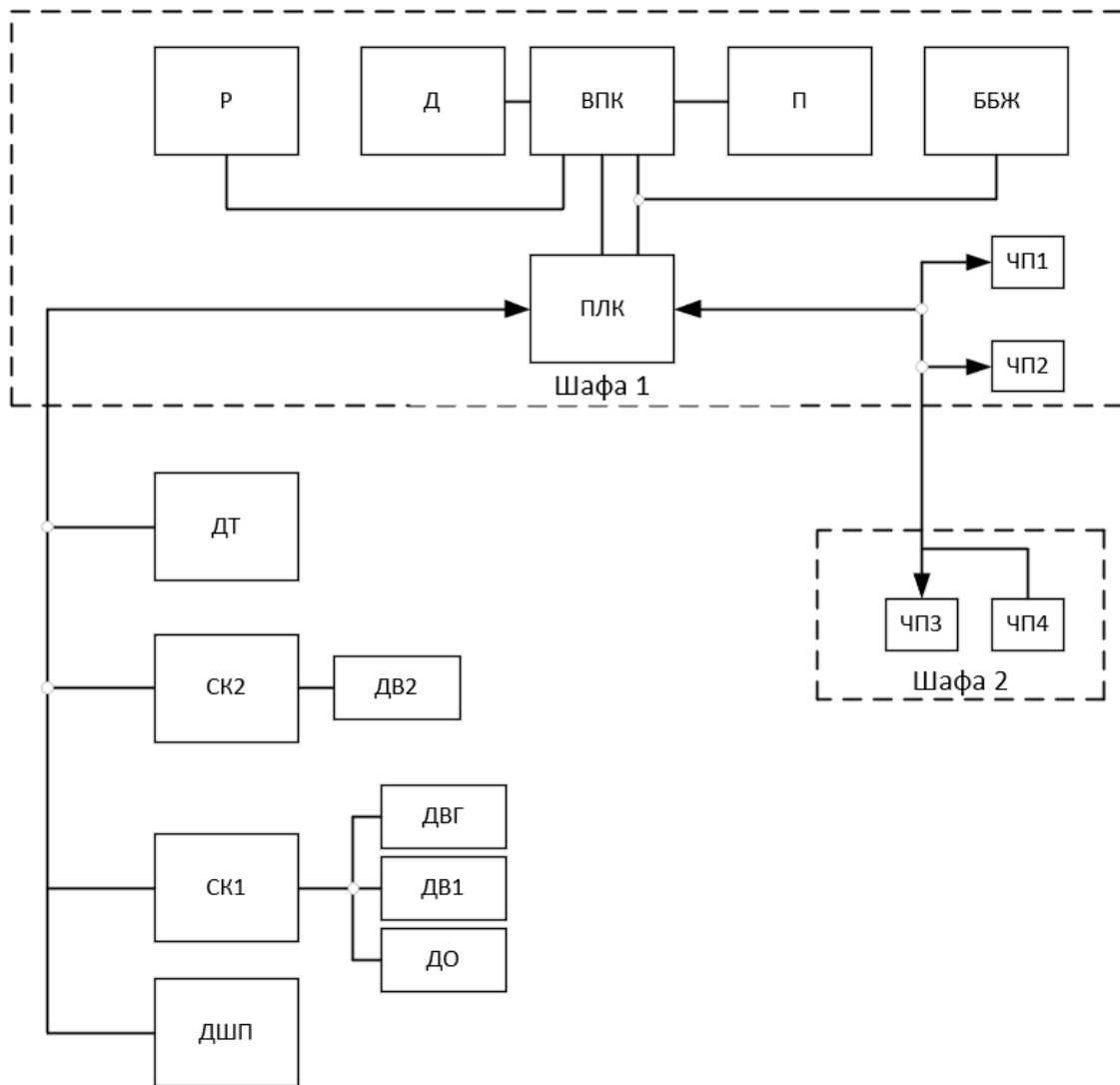


Рис.3.13. Структурна схема

Складові структурної схеми наступні:

- Р – роутер;
- Д – Дисплей;
- ВПК – виробничий персональний комп'ютер;
- П – принтер;
- ББЖ – безперебійний блок живлення;
- ПЛК – програмований логічний контролер;
- ЧП1-ЧП4 – частотні перетворювачі;
- ДТ – датчик температури;
- СК1-СК2 – сканери;
- ДВ1-ДВ2 – датчики вологості;

- ДВГ – датчик ваги;
- ДО – датчик обриву;
- ДШП – датчик швидкості паперу.

Окремі елементи схеми є доповненням до існуючого варіанту, а саме:

Датчик температури (ДТ) – призначений для вимірювання температури під ковпаком сушильної частини ПРМ.

Сканер (СК2) – рама на якій буде встановлений датчик для вимірювання вологості після пресової частини ПРМ (ДВ2).

Частотні перетворювачі (ЧП2, ЧП3) – пристрої які застосовуються для зміни електричного струму. Частотний перетворювач забезпечує плавний пуск і зупинку двигунів, а також дозволяє змінювати напрям їх обертання.

Програмований логічний контролер (ПЛК)— електронний пристрій, який використовується для автоматизації технологічних процесів. ПЛК є центральною ланкою системи контролю якості.

Функції контролера:

- збір всіх контрольованих сигналів від первинних пристроїв і датчиків;
- обробка сигналів, математичні розрахунки та виведення сигналів за заданим алгоритмом;
- забезпечення передачі вимірюваних сигналів від датчиків на пристрій людино-машинного інтерфейсу (операторську станцію);
- управління приводною частиною скануючого пристрою;
- контроль контурів ПМ.

Склад шафи управління:

- контролер;
- модулі введення-виведення;
- модуль швидкісного рахунку;
- мережеве обладнання;
- програмне забезпечення;

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						44
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- комутаційне обладнання;
- захисне екіпірування;
- кабельне господарство.

Модульна конструкція дозволяє надалі нарощувати систему, включати її в АСУТП підприємства, вимірювати інші технологічні параметри, коригувати дані вимірювань. Елементи в структурній схемі, які стосуються нової розробки, інтегровані в існуючу систему комп'ютеризованого контролю якості продукції.

Існуюча QCS включає в себе сканер на основі модульної платформи автоматизації ComCore від компанії Voith (Німеччина). Модульність дозволяє легко інтегрувати QCS в існуючі системи автоматизації та надає чітку інформацію виробнику паперу.

Простий у використанні інтерфейс користувача забезпечує прямий доступ і оптимізацію профілів параметрів якості. ComCore поєднує в собі всі компоненти папероробної машини, в тому числі від інших постачальників.

3.7. Функціональна схема

На рис.3.14 представлена функціональна схема QCS з врахуванням елементів, що розробляються. Умовні позначення функціональної схеми додані в таблиці 3.1

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						45
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

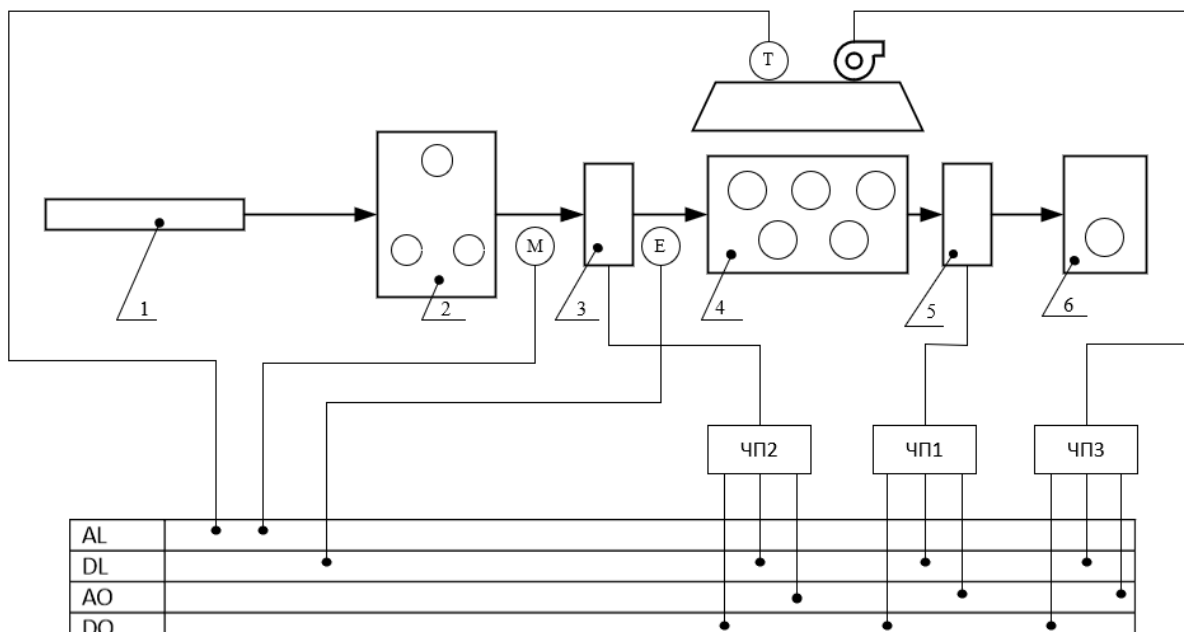


Рис.3.14 Функціональна схема QCS

Таблиця 3.1. Умовні позначення

№ п.п	Позначення	Назва
1	1	Сіткова частина
2	2	Пресова частина
3	3	Сканер1
4	4	Сушильна частина
5	5	Сканер2
6	6	Накат
7	М	Датчик вологості
8	Е	Датчик відриву паперового полотна
9	Т	Датчик температури
10	ЧП1	Частотний перетворювач сканера 2
11	ЧП2	Частотний перетворювач сканера 1
12	ЧП3	Частотний перетворювач управління вентилятора
13	AI	Аналоговий вхід контролеру
14	DI	Дискретний вхід контролеру
15	AO	Аналоговий вихід контролеру
16	DO	Дискретний вихід контролеру

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір програмованого логічного контролера

Існує багато фірм-виробників різних ПЛК деякі з них розглянуті нижче.

На рис.4.1 представлено ПЛК із серії SIMATIC S7 виробництва компанії Siemens(Німеччина).



Рис.4.1. Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1500

Siemens SIMATIC S7-1500 має високу продуктивність, яка виражається у можливості оперативно виконувати команди, також передбачено нові мовні розширення та типи даних. Скорочений час реакції за рахунок раціонально оптимізованого генерування програмних кодів. Також він має зручний у використанні інструментарій для діагностики та виконання пуско-налагоджувальних робіт.

Технічні характеристики:

Ступінь захисту: IP20;

Діапазон робочих температур: від 0°C до +60°C;

Відносна вологість: від 5% до 95%;

Вібрація: 8.4 Гц з постійною амплітудою 7мм;

Випробувальна напруга ізоляції: 707 В.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						47
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

На рис.4.2 представлено ПЛК FCN-RTU виробництва компанії Yokogawa (Японія).



Рис.4.2. Програмований логічний контролер FCN-RTU

Програмований логічний контролер має високу продуктивність, розширені комунікаційні можливості, надійність та ергономічний корпус. Контролер має 4 порти Ethernet, 3 з яких об'єднані в керований комутатор. Це дозволяє використовувати різні мережеві топології, а також застосовувати контролер як шлюз між промисловою мережею та мережею підприємства.

Технічні характеристики:

Ступінь захисту: IP20;

Діапазон робочих температур: від -40°C до +70°C;

Відносна вологість: від 5% до 93%;

Енергоспоживання: від 1,6 Вт до 2,3 Вт;

На рис.4.3 представлено ПЛК PAC-42 компанії Partizan (Великобританія)

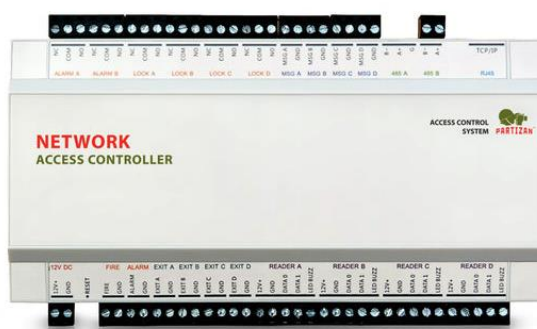


Рис.4.3. Програмований логічний контролер Partizan PAC-42

					МММТ 420.002.002- ПЗ		Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат			48

РАС-42 – це мережевий контролер для керування чотирма двосторонніми точками проходу, і підтримує одночасне підключення до 8 зчитувачів.

Модель також має функцію пожежної безпеки. В цілому, це надійний та якісний пристрій.

Технічні характеристики:

Ступінь захисту: IP20;

Діапазон робочих температур: від 0°C до +45°C;

Відносна вологість: від 5% до 90%;

Габаритні розміри: 215x130x22мм.

Із розглянутих вище прикладів для моєї системи краще підходить програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1500. Він має модульну конструкцію і може масштабуватися з точки зору функціональності, такий контролер вражає своєю потужністю яка забезпечує максимальну продуктивність.

На базі цього контролеру побудована існуюча QCS яка удосконалюється в даному проєкті. Завдяки чудовим характеристикам, мінімальному часу відгуку і часом обробки команд до 1 наносекунди, буде отримано найвищу продуктивність і якість паперу [23].

Таким чином, в якості блоку обробки інформації та прийняття рішення використовуємо програмований логічний контролер SIMATIC S7-1500.

4.2. Вибір датчика вологості

Для застосування в пресовій частині були розглянуті три види MW датчиків марки DS (рис.4.4). Датчики DS в основному призначені для безперервного вимірювання в мережевих установках. Вони можуть бути

встановлені на О- або С-рамах для вимірювання поперечних профілів паперового полотна [7].

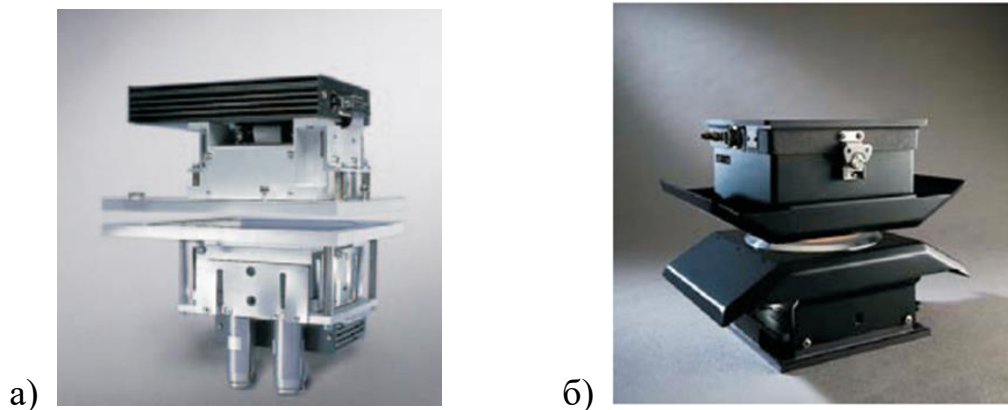


Рис.4.4. MW датчики вологості: а) DS-115; б) DS-20, DS-30

Порівняння технічних характеристик MW датчиків [23] марки DS-115, DS-20, DS-30 надано у таблиці 4.1:

Таблиця 4.1. Порівняння технічних характеристик MW датчиків

Порівняльні параметри	DS-20	DS-30	DS-115
Вимірювання			
Діапазон вимірювання маси 1м^2 , г	max 600	600-1500	max 70
Діапазон вимірювання вологості, %	2-70	2-70	2-70
Інструмент			
Вимірювальний проміжок, мм	13	13	$711 \pm 1,5$ динамічне
Вимірювальна площа, мм	Ø100	Ø100	овал 40 x 60
Швидкість зчитування, значень /с	80	80	80
Вимоги до установки			
Джерело живлення	28V DC	28V DC	28V DC
Повітря	0,3МПа; 5л/хв	0,3МПа; 5л/хв	
Температура, °С	70/110	70/110	max 70
Вимірювальна голівка			
Розміри, мм	235 x 235 x 295	235 x 235 x 295	119 x 132 x 213

Порівняльні параметри	DS-20	DS-30	DS-115
Вага Нетто, кг	6	6	3,6

Діапазон показників вологості для зазначених датчиків зображено на схемі (рис.4.5). Потенційний діапазону значень вологості та маси 1 м² паперового полотна після пресової частини відповідає технічним даним ПРМ та QCS і складає:

- вологість – 40-60%;
- маса 1 м² паперу: в накаті – 40-180 г, в пресовій частині 100 -300 г

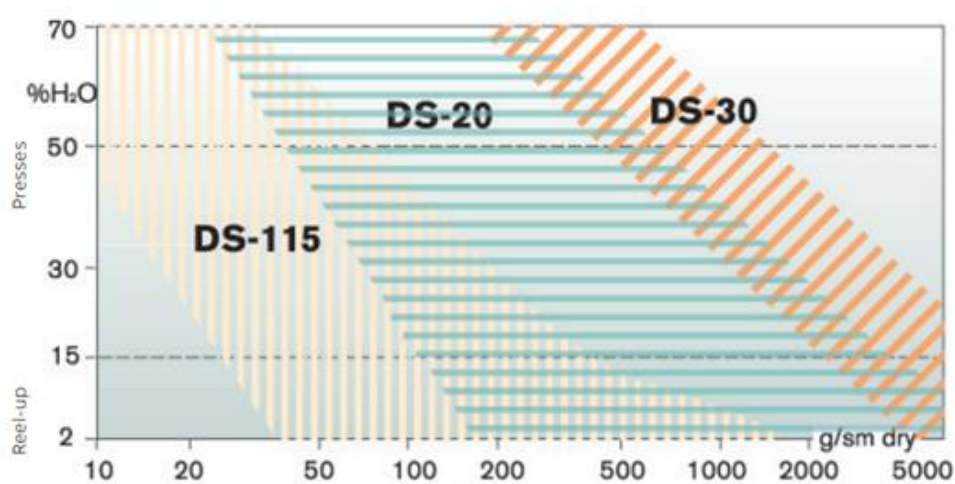


Рис.4.5. Діапазон значень для датчиків DS

Потенційному діапазону значень вологості повністю відповідає DS-20.

Датчик вологості DS-20 міцний та надійний. Для його роботи не потрібна система охолодження та заміна ламп. Калібрування та обслуговування мінімальне і просте. Він гарантовано виконуватиме свою роботу.

На рис.4.6 інформативно зображено основні компоненти MW датчика вологості

MICROWAVE SENSOR

- ★ Insensitive to ink residues in recycled paper or color of the sheet
- ★ Insensitive to surface structure or moisture stratification.
- ★ Insensitive to fillers such as China clay or whiteners
- ★ Sampling Frequency : 100 samples per second
- ★ Measurement Range : upto 100 GSM of water
- ★ Measuring gap : 10mm
- ★ Measuring Area : Circular 50x50 mm
- ★ Operating Temperature Celcius : 0-70°C

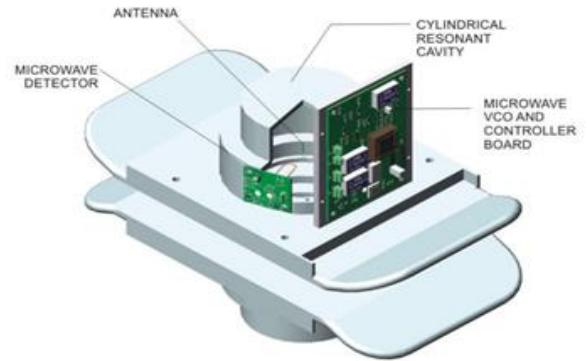


Рис.4.6. MW датчик вологості

Типова принципова схема мікрохвильового датчика вологості представлена на рис.4.7

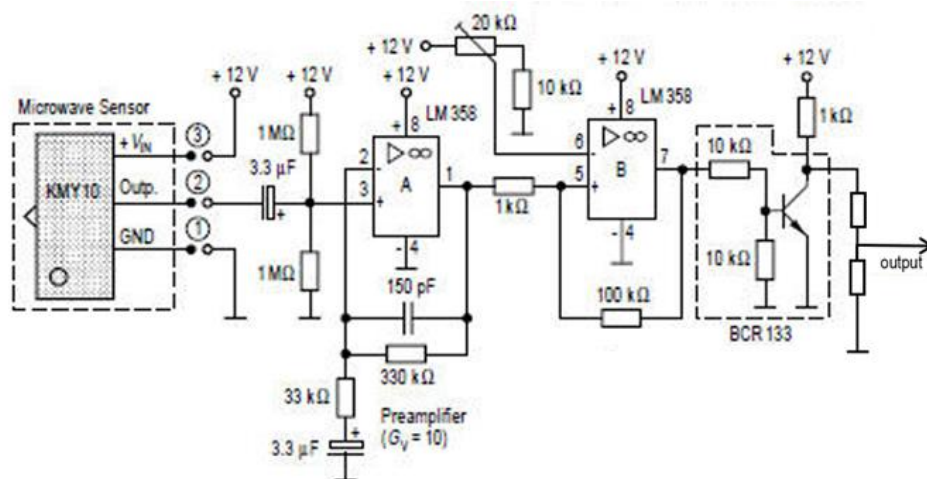


Рис.4.7. Типова принципова схема MW датчика

4.3. Вибір датчика температури

Якого б типу не був температурний датчик, загальним для всіх є принцип перетворення. А саме: вимірювана температура перетворюється в електричну величину (якраз за це і відповідає первинний перетворювач). Це обумовлено тим, що електричний сигнал легко передавати на великі відстані (висока швидкість прийому-передачі), легко обробляти (висока точність вимірів) і, нарешті, швидкодія.

Далі, представлені різні види датчиків температури за типом дії.

Терморезистивні термодатчики.

Зм	Дрк	ЮО доум	Пілп	Лат	МММТ 420.002.002- ПЗ	Дрк 52

Терморезистивні термодатчики засновані на принципі зміни електричного опору (напівпровідника або провідника) при зміні температури. Розроблені вони були вперше для океанографічних досліджень. Основним елементом є терморезистор - елемент змінює свій опір залежно від температури навколишнього середовища.

Безперечні переваги термодатчиків цього типу – це довготривала стабільність, висока чутливість, а також простота створення інтерфейсних схем.

Типовий терморезистивний термодатчик з його позначенням на принципових схемах зображений на рис.4.8.

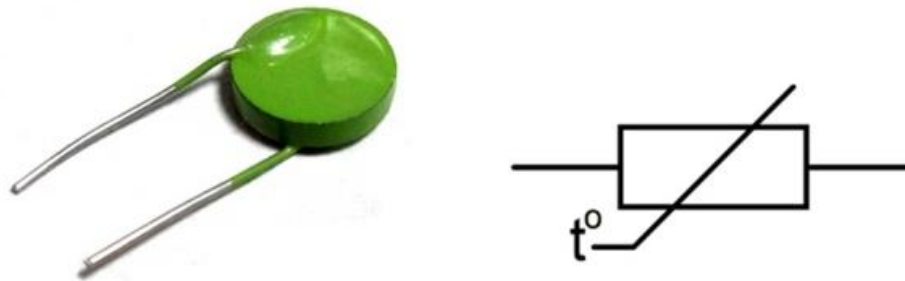


Рис.4.8. Датчик 702-101BVB-A00

Технічні дані:

діапазон вимірювання: від -50 до $+130^{\circ}\text{C}$;

умовний тиск вимірюваного середовища: $0,4\text{ МПа}$, $6,3\text{ МПа}$, 10 МПа ;

робочий струм джерела живлення: від 0.3 мА до 1 мА ;

точність: $\pm 1\%$;

клас захисту: відсутній.

Термоелектричні перетворювачі (термопари).

Термоелектричні перетворювачі термопари діють за принципом термоелектричного ефекту, тобто завдяки тому, що в будь-якому замкнутому контурі (з двох різнорідних напівпровідників або провідників) виникає електричний струм, у разі якщо місця спайки відрізняються по температурі. Принцип дії термопари базується на термоелектричних явищах. Термопара

складається з двох провідників, сполучених кінцями так, що вони утворюють два контакти. Таким чином, виходить, що термопари це відносні датчики і вихідна напруга буде залежати від різниці температур двох частин. І майже не буде залежати від абсолютних їх значень.

Пари металів, що використовуються для основних термопар:

- платинородій-платинові – Тип R;
- платинородій-платинові – Тип S;
- платинородій-платинородієві – Тип B;
- константанові (залізо-мідьнікелеві) – Тип J;
- мідь-константанові (мідь-мідьнікелеві) – Тип T;
- ніхросил-нісильові (нікельхромнікель-нікелькремнієві) – Тип N;
- хромель-алюмелеві – Тип K;
- хромель-константанові – Тип E;
- хромель-копелеві – Тип L;
- мідь-копелеві – Тип M;
- силх-силінові – Тип I;
- вольфрам-ренієві – Тип A-1, A-2, A-3.

Виглядати термопара може так, як показано на рисунку 4.9 нижче.

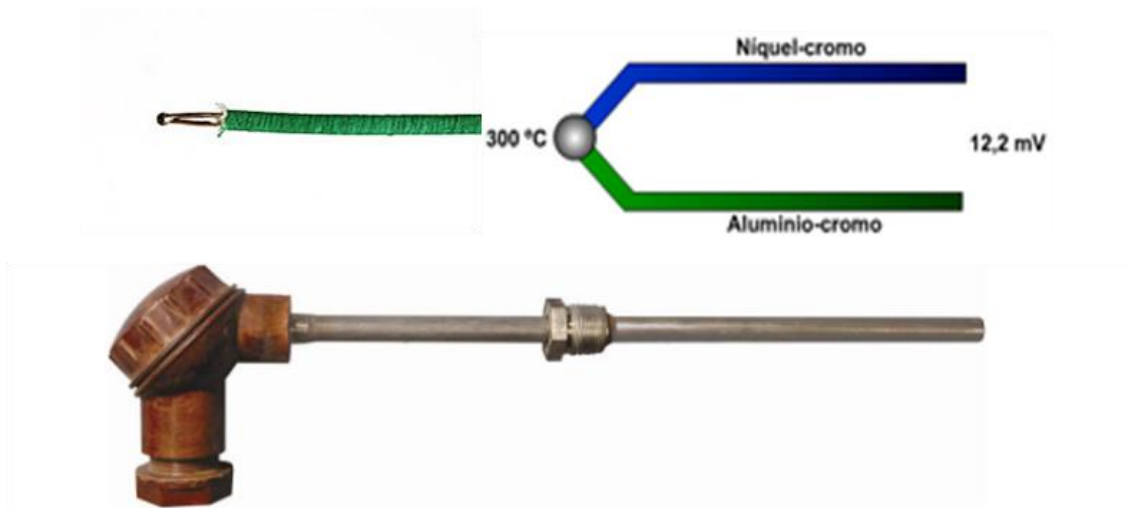


Рис.4.9. Термопара

Технічні дані для термопари ДТПКХХ4:

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						54
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

робочий діапазон вимірюваних температур: від -40°C до $+400^{\circ}\text{C}$;

клас допуску: С;

показник теплової інерції: не більше 20с або не більше 40с;

умовний тиск вимірюваного середовища: 0,4 МПа, 6,3 МПа, 10МПа;

точність: $\pm 2\%$;

клас захисту: IP66.

Термоперетворювач опору.

Також може бути задіяний термоперетворювач опору ТСП-1088 платиновий, який зображено на рис. 4.10



Рис.4.10. Термоперетворювач опору ТСП-1088 платиновий

Технічні дані:

робочий діапазон вимірюваних температур: від -200°C до $+500^{\circ}\text{C}$;

показник теплової інерції: не більше 20с або не більше 40с;

струмовий сигнал: 4-20 мА;

умовний тиск вимірюваного середовища: 0,4 МПа, 6,3 МПа, 10МПа;

габарити виробу термоперетворювач опору ТСП- 1088 платиновий:

- довжина - 120мм - 3150мм;
- арматура - 08Х13;

припустимі відхилення від температури [5]:

- клас допуску А: $\pm 0,15 + 0,002t^{\circ}\text{C}$ (при 250°C max 0,65);

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						55
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

[illegible]

Рис.4.12 Принципова схема QCS

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка блок-схем алгоритму програм

Блок-схема алгоритму роботи розробки, яка буде входити в загальну QCS, показана на рис.5.1.

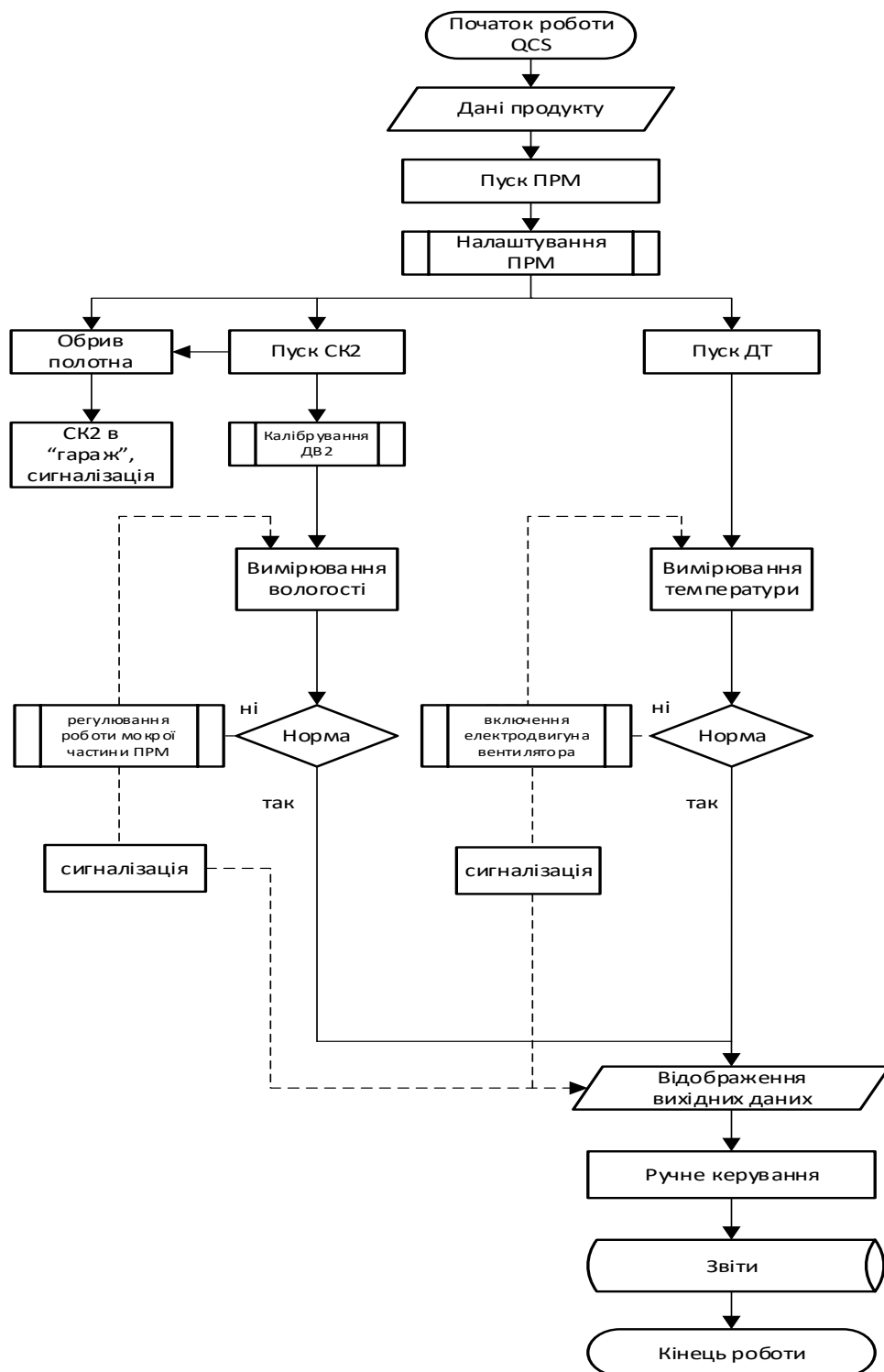


Рис.5.1. Блок-схема Алгоритм роботи розробки

На рис.5.2. показана блок-схема алгоритму роботи удосконаленої QCS

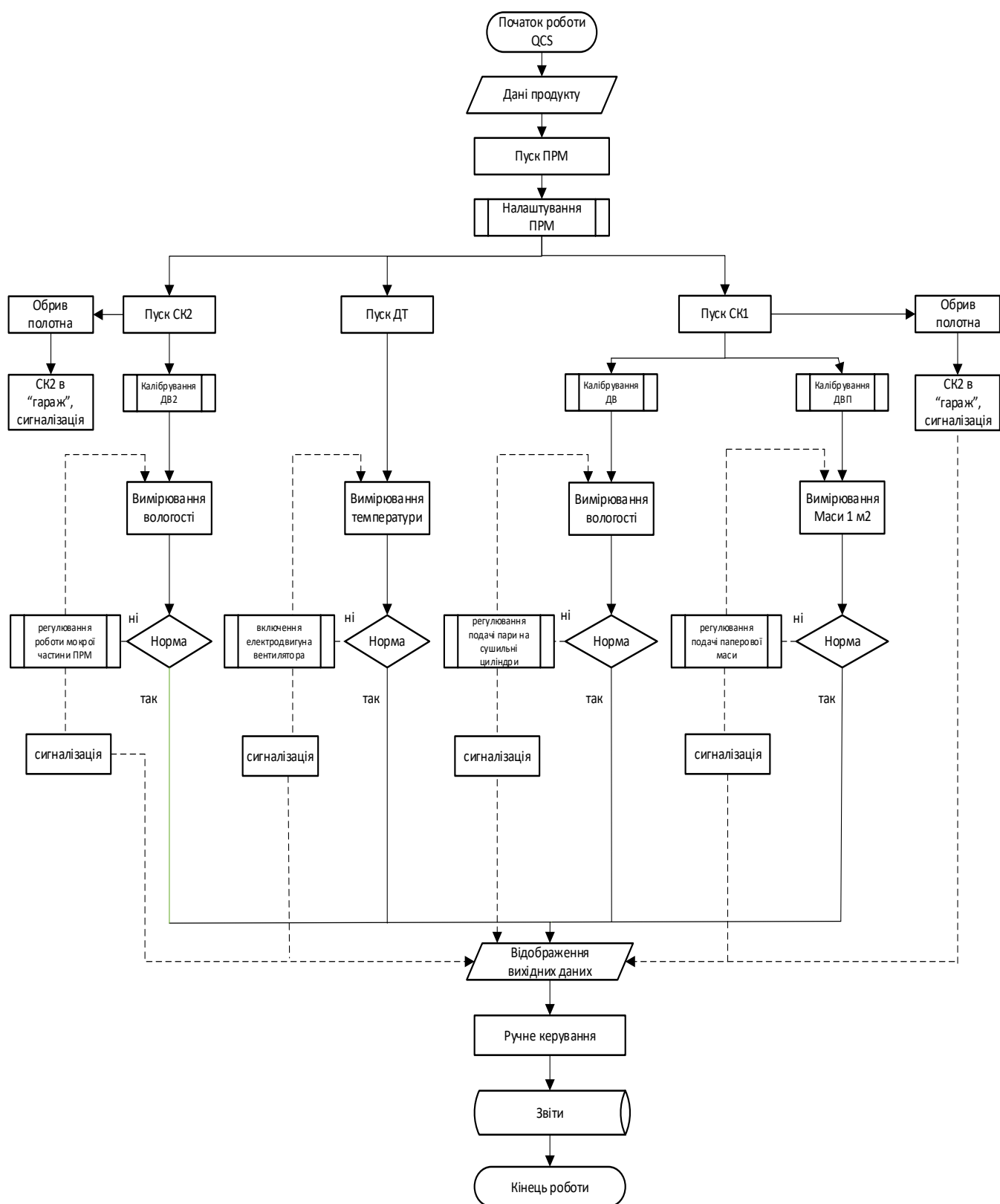


Рис.5.2. Блок-схема Алгоритм роботи QCS

5.2. Опис алгоритму роботи QCS.

Алгоритм роботи нової (розробленої частини) QCS.

Перед початком пропуску ПРМ з робочої станції оператора вводяться дані продукту, який буде виготовлятися.

Після пуску ПРМ і подачі паперової маси здійснюється налаштування. Паперове полотно при його заправці по ходу ПРМ часто обривається, і потрібен час для стабілізації роботи.

Каретка сканера після пресової частини ПРМ знаходиться в нулевому положення до пуску його в роботу.

По досягненні паперового полотна позиції сканера СК2, він вмикається, включається ДВ2. Також підключається до роботи і ДТ.

Вихідні дані з ДВ2 та ДТ від цього моменту виводяться на монітор в операторській.

Для підтвердження точності вимірювань дані, отримані з ДВ2 сканерів, порівнюються з даними лабораторії. У разі виникнення розбіжностей між показниками виробничих і лабораторних приладів, в QCS вводяться відповідні коефіцієнти.

Датчик температури в процесі роботи не калібрується. Він проходить планову перевірку (згідно встановленого графіка) під час зупинки ПРМ.

При перевищенні температури під ковпаком сушильної частини і отриманні сигналу від ДТ вмикається частотний перетворювач ЧПЗ і запускається робота електродвигуна вентилятора для зменшення конденсату. Вентилятор працює поки температура перевищуватиме порогове значення.

На першому етапі після впровадження даного проекту ДВ2 не підключений до виконавчих механізмів, оскільки потрібно провести вивчення впливів вологості і розробити алгоритм її регулювання.

Всі показники з датчиків в процесі роботи візуалізуються на моніторі оператора, і якщо вони виходять за межі, встановлені специфікацією продукту (введені перед початком роботи), QCS буде сигналізувати про це. Невідповідні

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						60
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

значення будуть виділені на моніторі червоним кольором, а для швидкого реагування може бути виведена звукова або світлова сигналізація.

Під час роботи, при досягненні температури +40°C всередині сканеру вмикається обдув блоків вимірювачів стисненим повітрям для запобігання виходу з ладу робочих частин.

У разі аварійного обриву паперового полотна або при зупинці ПРМ папір перестає проходити через раму сканера. У такому випадку каретка сканера переміщується в нульове положення (гараж), як перед стартом роботи QCS.

Дані про роботу QCS з підключеним до неї обладнанням зберігаються в пам'яті системи і можуть бути відображені на моніторі та/або роздруковані у вигляді звітів встановленої форми.

Алгоритм роботи QCS після удосконалення.

Перед початком пропуску ПРМ з робочої станції оператора вводяться дані продукту, який буде виготовлятися.

Після пуску ПРМ і подачі паперової маси необхідно здійснити налаштування. Паперове полотно при його заправці по ходу ПРМ часто обривається, і потрібен час для стабілізації роботи.

Каретка сканерів знаходиться в нульовому положення до пуску їх в роботу.

По досягненні паперового полотна позиції сканерів (при цьому СК2 (новий) в технологічному процесі задіяний раніше, СК1 – пізніше), вони вмикаються. Також підключається до роботи і ДТ.

Вихідні дані з датчиків – показники вологості, маси 1 м², температури від цього моменту виводяться на монітор в операторській.

Для підтвердження точності вимірювань дані, отримані з датчиків сканерів, порівнюються з даними лабораторії. У разі виникнення розбіжностей між показниками виробничих і лабораторних приладів, в QCS вводяться відповідні коефіцієнти.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						61
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Датчик температури в процесі роботи не калібрується. Він проходить планову перевірку (згідно встановленого графіка) під час зупинки ПРМ.

У разі відхилення показників від встановлених значень починається регулювання параметрів за рахунок дії виконавчих механізмів.

При перевищенні температури під ковпаком сушильної частини і отриманні сигналу від ДТ вмикається частотний перетворювач ЧПЗ і запускається робота електродвигуна вентилятора для зменшення конденсату. Вентилятор працює поки температура перевищуватиме порогове значення.

При відхиленні від заданого номінального значення маси 1 м^2 паперу, яку вимірює ДВП в накаті, відбувається регулювання подачі паперової маси дозуючим насосом в мокрій частині ПРМ. Фактично регулювання продуктивності насоса є постійним, періоди сталої роботи дуже короткі, оскільки на показник маси 1 м^2 паперу впливає багато чинників (концентрація паперової маси, ступінь помолу, дозування хімікатів, швидкість ПРМ та ін.).

При відхиленні від заданого номінального значення вологості паперу, яку вимірює ДВ1 в накаті, відбувається регулювання подачі виробничого пара на сушильні циліндри. Як і в випадку з ДВП, регулювання клапана подачі пара фактично є постійним, оскільки номінальне значення вологості втримати неможливо.

Потрібно зауважити, що механізми регулювання вологості паперу будуть іншими, якщо на ПРМ працює вузол поверхневої проклейки і після досушуючої частини встановлено кондиціонер. В такому випадку керування вологістю здійснює кондиціонер.

На першому етапі після впровадження даного проекту ДВ2 не підключений до виконавчих механізмів, оскільки потрібно провести вивчення впливів вологості і розробити алгоритм її регулювання.

Всі показники з датчиків в процесі роботи візуалізуються на моніторі оператора, і якщо вони виходять за межі, встановлені специфікацією продукту (введені перед початком роботи), QCS буде сигналізувати про це. Невідповідні

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						62
Зм	Лист	Но докум	Піппп	Лат		

значення будуть виділені на моніторі червоним кольором, а для швидкого реагування може бути виведена звукова або світлова сигналізація.

Під час роботи, при досягненні температури $+40^{\circ}\text{C}$ всередині сканеру вмикається обдув блоків вимірювачів стисненим повітрям для запобігання виходу з ладу робочих частин.

У разі аварійного обриву паперового полотна або при зупинці ПРМ папір перестає проходити через раму сканера. У такому випадку каретка сканера переміщується в нульове положення (гараж), як перед стартом роботи QCS.

Дані про роботу QCS з підключеним до неї обладнанням зберігаються в пам'яті системи і можуть бути відображені на моніторі та/або роздруковані у вигляді звітів встановленої форми.

5.3. Приклад програмування

На існуючому ПЛК встановлене середовище Simatic Step-7 яке має декілька мов програмування. Найпоширенішою є графічна мова функціональних блокових діаграм (FBD).

Ця мова відноситься до стандарту ІЕС 61131-3 і використовує у своїй архітектурі подібність електронної схеми.

Написана цією мовою програма для контролера складається з певного списку ланцюгів, які один за одним виконуються зверху вниз. Крім того, тут є можливість присвоєння окремим ланцюгам міток, в цьому випадку стане доступним використання інструкцій переходу на мітку, щоб змінювати функцію.

На рис.5.3 представлено графічне зображення мови програмування FBD.



Рис.5.3 Графічне зображення мови програмування FBD.

Таким чином, програма, написана графічною мовою FBD, являє собою набір пов'язаних один з одним функціональних блоків, виходи та входи яких з'єднані лініями зв'язку. Лінії зв'язку відбивають певні програмні змінні, якими відбувається обмін даними від блоку до блоку.

Окремий блок несе у собі конкретну функцію (логічне «НІ», «АБО», «І», лічильник, тригер, таймер, математична операція тощо.). Один блок може мати кілька виходів і входів. Спочатку значення змінних задаються константами або спеціальними входами, а виходи їх пов'язуються далі з іншими змінними програми або з виходами ПЛК.

У процесі програмування мовою FBD застосовуються як стандартні блоки з бібліотек, так і блоки, написані власноруч FBD чи іншими мовами стандарту МЕК 61131-3.

З таких блоків графічно складаються вирази, що утворюють ланцюги: до виходу одного блоку приєднується наступний блок, далі ще блок, і так утворюються ланцюги. По ходу ланцюга порядок виконання блоків відповідає порядку їх з'єднання, а результат виконання ланцюга подається на вихід ПЛК, або записується в якусь внутрішню змінну.

За допомогою рис.5.4 розглянемо приклад математичної дії, написаної мовою програмування FBD.

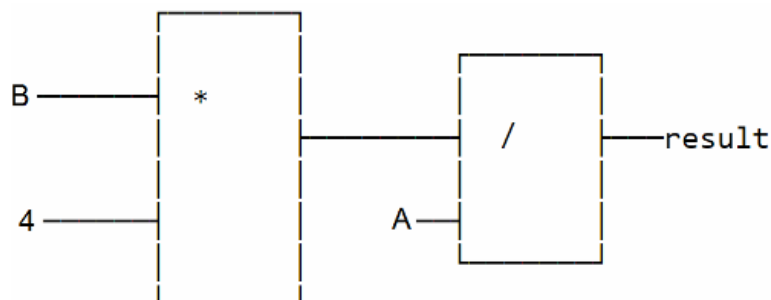


Рис.5.4 Приклад математичної дії на мові програмування FBD.

В помножити на 4, потім поділити на А, і записати результат у змінну result. У псевдокод це буде виглядати так: $result := B * 4 / A$. Можливо також додавання до блоків спеціальних керуючих входів EN і виходів ENO для керування викликами окремих блоків: логічний нуль, поданий на вхід EN, заборонить виклик даного блоку, а вихід ENO у разі помилки повідомить про неї, і тим самим припинить виконання ланцюга до кінця.

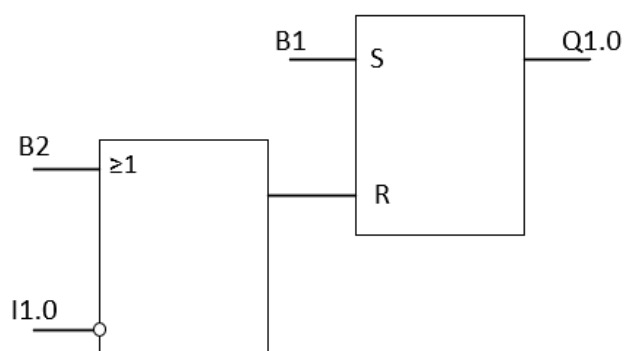
Мова FBD наочна, зручна, код виконується послідовно, структура команд усередині коду проста, тому програма транлюється дуже швидко і завдання виконується надійно. Використовуючи FBD, можна вирішувати складні завдання на ПЛК.

Є різні модифікації мови програмування FBD, що відрізняються наявністю тих чи інших обмежень чи розширень.

Далі для прикладу продемонстровано емуляцію програми керування кареткою сканера СК2.

FB1 (керування виїздом каретки сканера на паперове полотно)

Network1 (виїзд з “гаража” на паперове полотно)

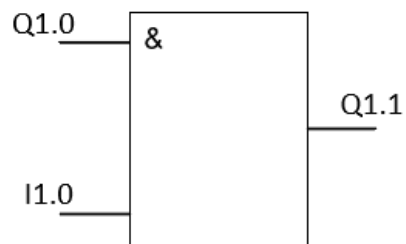


/ B1 – кнопка на полотно

B2 – кнопка в гараж

Q1.0 – сигнал для ЧП2 на рух /

Network2 (проїзд каретки сканера на паперового полотна до дальнього краю полотна)

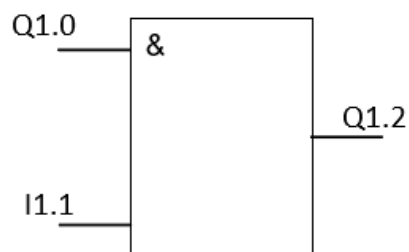


/ Q1.0 – каретка в русі

I1.0 – датчик наявності паперу

Q1.1 – рух вперед /

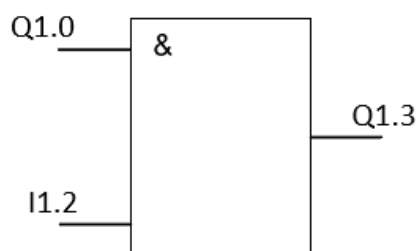
Network3 (стоп по краю і реверс)



/ I1.1 датчик дальнього краю

Q1.2 – реверс рух для ЧП2 /

Network4 (стоп по попередньому краю і вперед)

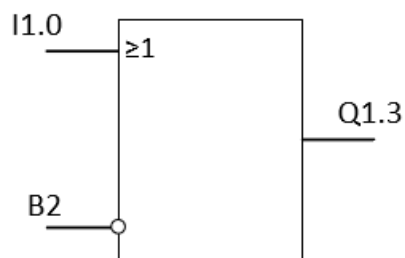


/ I1.1 та I1.2 датчики краю полотна

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Дир
						66
Зм	Дир	Юр логич	Підпр	Лат		

Q1.2 та Q1.3 вихідні сигнали для реверсивного руху сканера/

Network5 (сканер в “гараж”)



/ I1.0 – датчик обриву паперового полотна

B2 – кнопка в “гараж” /

5.4. Обслуговування системи

Обслуговування QCS включає в себе:

- періодичне технічне обслуговування, проводиться під час планової зупинки папероробної машини;
- поточний ремонт, виконується в процесі експлуатації для усунення несправностей окремих складових частин, що вийшли з ладу;
- аварійний ремонт, проводиться для відновлення експлуатаційних характеристик шляхом усунення несправностей, з наступним налагоджуванням всієї системи.

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1. Принцип роботи датчика вологості

Звичайна техніка QCS полягає у вимірюванні сигналів MD та CD шляхом сканування аркуша одним датчиком. Датчик монтується в платформу сканера, де він рухається вперед і назад у поперечному напрямку CD (рис. 6.1). Основний механізм для контролю коливань вологості в машинному напрямку MD є сушильна частина [20].

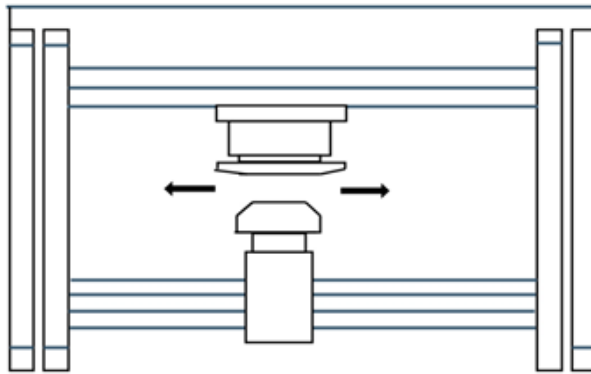


рис. 6.1 Контроль вологості CD, рух датчика по платформі сканера

6.2. Оцінка надійності системи

Надійність – це здатність системи виконувати свої функції, зберігаючи в часі значення встановлених у заданих межах показників за заданих умов експлуатації. Надійність автоматизованих систем є комплексним показником, що характеризується безвідмовністю в роботі.

Державний стандарт ДСТУ 2861 «Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення» визначає методи оцінки надійності технічних систем, пристроїв, машин, механізмів, апаратури та ін. (далі — об'єкти) на всіх стадіях їх життєвого циклу.

В п.6.1 ДСТУ 2861 зазначено, що жоден із кількісних методів аналізу надійності, які встановлені у цьому стандарті, не є універсальним, що може охопити всі різноманітні типи моделей реальних об'єктів (устаткування та

програмного забезпечення, складних функціональних структур, не відновлюваних та відновлюваних об'єктів тощо) [2].

У процесі розробки комп'ютеризованої системи контролю параметрів паперу розрахунок необхідного рівня надійності системи проводиться з урахуванням наступних обставин:

- QCS є багатофункціональною системою, у виконанні її функції можуть використовуватись технічні засоби та оперативний персонал;
- надійність QCS залежить від особливостей програм та алгоритмів, що реалізуються технічними засобами та оперативним персоналом, але оцінка надійності проводиться з урахуванням надійності тільки технічних засобів.

Розглянемо роботу системи QCS, що розробляється, як певну функцію. Відмовою є повна втрата здатності об'єкта виконувати цю функцію або порушення хоча б однієї з вимог, що пред'являються до якості виконання цієї функції.

На стадії проектування розглядаються такі показники надійності:

- напрацювання на відмову (в одиницях часу) T ;
- ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу $P(t)$.

Для об'єкту з представленими характеристиками необхідно розрахувати T_{cp} (середній час безвідмовної роботи) і навести $P(t)$ (ймовірність безвідмовної роботи).

Показники надійності визначимо за формулами

$$\lambda = \frac{1}{T} \quad (6.1)$$

де λ – потік відмов,

T - час відмови або напрацювання на відмову, годин.

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^k \lambda_i \quad (6.2)$$

де λ_c – інтенсивність відмов системи,

k – кількість елементів системи.

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} \quad (6.3)$$

T_c – середній час відмови всієї системи, годин.

$$P_c(t) = e^{-t/T} \quad (6.4)$$

де $P_c(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи системи

t – час експлуатації.

Ймовірність того, що відмова відбудеться протягом часу t , називається ймовірністю відмови та розраховується за формулою

За формулою (6.1) розрахуємо інтенсивність відмов при

$$T_{\text{контролера}} = 75000 \text{ годин}$$

$$T_{\text{датчиків}} = 100000 \text{ годин}$$

$$T_{\text{ПК}} = 50000 \text{ годин}$$

$$\lambda_k = 1/75000 = 1,3 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_d = 1/100000 = 1,0 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_{\text{ПК}} = 1/50000 = 2,0 \cdot 10^{-5}$$

(у розрахунках T береться із технічних характеристик пристрою або інтернет ресурсів).

Інтенсивність відмов об'єкта розраховуємо за формулою (6.2)

$$\lambda_c = 1,3 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-5} + 2,0 \cdot 10^{-5} = 6,3 \cdot 10^{-5},$$

де 3 – кількість основних датчиків в системі (2 – ДВ, 1 – ДВП).

Середній час відмови всієї системи знаходимо за формулою (6.3)

$$T_c = 1/(6,3 \cdot 10^{-5}) = 15873 \text{ год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи системи протягом 10 000 год (паспортне значення) складає

$$P_c(t) = e^{-10000/15873} = 0,53$$

На графіку представлена ймовірність безвідмовної роботи об'єкту по відношенню до тривалості її роботи. За початок графіку прийняте значення 10000 год, і далі до 100 000 год.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						70
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

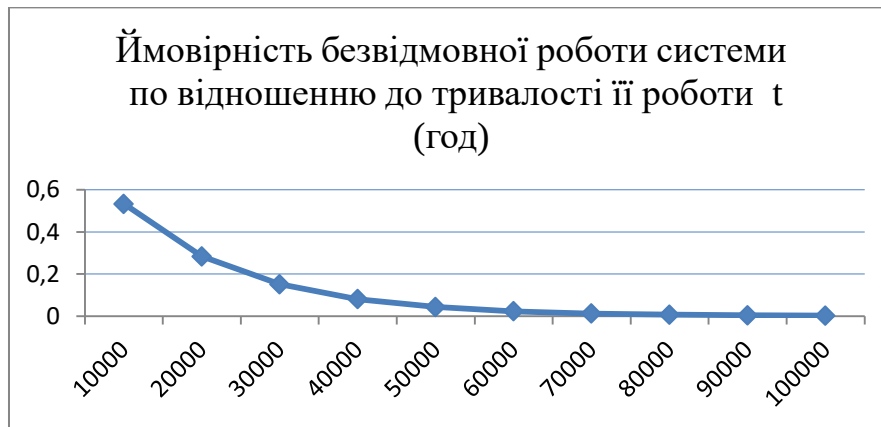


Рис 6.2 Ймовірність безвідмовної роботи

На початку експлуатації об'єкту його робота є надійною, але з часом ймовірність безвідмовної роботи знижується. Необхідно мати в резервні складові або запасні частини.

6.3. Розрахунок похибок вимірювання

Приклад розрахунку наведений за формулами, якими користується для своєї системи компанія Trigla [6].

Датчик вимірювання вологості.

За даними паспорту, верхня і нижня межі інтервалу, в якому з ймовірністю 0,95 знаходиться абсолютна похибка вимірювання вологості складає $\pm 0,5\%$.

Межі абсолютної похибки вимірювання вологості, що допускаються в робочих умовах застосування, складають $\pm 0,5\%$.

Датчик вимірювання маси 1 м².

За даними паспорту, верхня і нижня межі інтервалу, в якому з довірчою ймовірністю 0,95 знаходиться відносна похибка вимірювання маси паперового полотна площею 1 м² розраховується за формулою

$$\delta = \pm [1,0 + 0,2(\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{вим}}} - 1)] \quad (6.5)$$

де $M_{\text{макс}}$ – верхня межа діапазону вимірювання, г

$M_{\text{вим}}$ – вимірене значення, г

Межі відносної похибки вимірювання маси паперового полотна площею 1 м^2 , що допускаються в робочих умовах застосування, складають

$$\delta = \pm [2,0 + 0,2(\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{вим}}} - 1)] \quad (6.6)$$

Для досягнення високої точності вимірювання цього показника є важливим правильний підбір датчика, з наближенням до технічних параметрів самої ПРМ.

Розрахунок похибок вимірювання для конкретного випадку.

Якщо ПРМ спеціалізується на виготовленні електроізоляційного паперу з масою $80-170 \text{ г/м}^2$, то із лінійки датчиків обґрунтовано обрано прилад з діапазоном вимірювання $140-180 \text{ г/м}^2$.

Максимальна відносна похибка вимірювання маси паперового полотна площею 1 м^2 з довірчою ймовірністю 0,95 цьому випадку складає

$$\text{від } \delta = \pm [1,0 + 0,2(\frac{180}{180} - 1)] = \mathbf{1,0\%} \text{ для паперу масою } 180 \text{ г/м}^2$$

$$\text{до } \delta = \pm [1,0 + 0,2(\frac{180}{40} - 1)] = \mathbf{1,7\%} \text{ для паперу масою } 40 \text{ г/м}^2.$$

Максимальне значення абсолютної похибки вимірювання складає

$$180 \times 0,01 = 1,8 \text{ г}$$

В робочих умовах застосування датчика відносна похибка вимірювання маси паперового полотна площею 1 м^2 може бути більшою:

$$\text{від } \delta = \pm [2,0 + 0,2(\frac{180}{180} - 1)] = \mathbf{2,0\%} \text{ для паперу масою } 180 \text{ г/м}^2$$

$$\text{до } \delta = \pm [2,0 + 0,2(\frac{180}{40} - 1)] = \mathbf{2,7\%} \text{ для паперу масою } 40 \text{ г/м}^2.$$

Максимальне значення абсолютної похибки вимірювання в робочих умовах складає

$$180 \times 0,02 = 3,6 \text{ г}$$

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						72
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

6.4. Експериментальні дослідження

Експериментальні дослідження

Для налаштування роботи датчиків в робочих умовах здійснюється порівняння:

- даних, отриманих з монітору станції оператора по факту онлайн перевірки паперу, який виготовляється на ПРМ і
- лабораторних даних, отриманих зі зразка цього паперу, проаналізованого повіреними лабораторними приладами.

Виконання лабораторного аналізу по визначенню маси 1 м² паперу проводиться згідно ДСТУ 2297 Напівфабрикати волокнисті, папір та картон. Метод визначення маси продукції площею 1 м².

Виконання лабораторного аналізу по визначенню вологості проводиться згідно ДСТУ EN ISO 287 Папір та картон. Визначення вологості. Метод висушування в сушильній шафі.

За результатами порівняння виробничих і лабораторних даних за потребою здійснюється калібрування QCS у відповідності до алгоритму, описаного виробником в технічному паспорті.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						73
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

7. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ І ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Загальні заходи безпеки при роботі з QCS

Перед встановленням отримані зі складу сканер, датчики та інші компоненти системи необхідно витримати у робочому приміщенні до досягнення значень температури і вологості відповідно робочого середовища, але не менше 2 годин.

Перед застосуванням або при розконсервуванні датчиків необхідно перевірити їх комплектність, перевірити цілісність блоків та кабелів шляхом зовнішнього огляду.

Перед включенням в електромережу система та її складові повинні бути заземлені.

Проведення робіт по ремонту і обслуговуванню повинне здійснюватися при відключеному стані.

Під час роботи з системою:

- заборонено знаходження сторонніх осіб біля органів керування або в робочій зоні датчиків на відстані менше 1 м;
- категорично заборонено скупчення сторонніх осіб біля монітора системи та/або біля органів управління системою;
- заборонено використання комп'ютера не по прямому призначенню (запуск гри, вихід з програми та ін.);
- заборонені дії, які можуть привести до поломки скануючого пристрою, недопустимо торкатися екрану монітору вологими та брудними руками;
- всі дії в операторських станціях архівуються для подальшого аналізу роботи системи.

Забороняється експлуатувати датчики у вибухонебезпечних приміщеннях.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						74
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Система оснащена двома видами сигналізації – звуковою та світловою. Світлова сигналізація є індикатором аварійної ситуації. Звукова сигналізація вмикається короткочасно після спрацювання світлової [6].

7.2. Дії в аварійних ситуаціях

Аварійна ситуація виникає у таких випадках:

- токовий захист (навантаження частотного приводу сканера перевищує аварійне значення);
- спрацювання аварійного кінцевика.

При виникненні будь якої аварійної ситуації необхідно:

- підтвердити тривогу і вивести сканер в гараж;
- викликати спеціаліста служби КВПіА;
- зробити запис у робочому журналі.

Вихід з режиму токового захисту здійснюється спеціалістом КВПіА відповідно до інструкції по обслуговуванню системи або її окремих частин.

7.3. Заходи безпеки при роботі з джерелом іонізуючого випромінювання (ДІВ)

Встановлення та заміна допускається лише тих видів ДІВ, які зазначені у паспорті системи (відповідають ДВП).

Встановлення ДВП з ДІВ на інший сканер можливе лише за узгодженням з виробником, при цьому повинні бути виконані всі заходи безпеки.

Передача ДІВ на збереження та зняття зі збереження, утилізація відпрацьованих ДІВ здійснюється з дотриманням норм Закону України від 08.02.1995 № 39/95-ВР «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [3].

Надійні та довговічні технології інтегрованих і автономних вимірювань дозволяють: значно зменшити споживання енергії за рахунок оптимізації сушіння паперу; підвищити продуктивність машини завдяки швидшому запуску; покращити моніторинг і діагностику машини завдяки кращому видаленню води з паперового полотна.

7.4. Вимоги до обслуговуючого персоналу

До роботи з QCS допускаються особи, які

- досягли 18-річного віку;
- пройшли медичний огляд і не мають протипоказань до роботи на виробництві;
- пройшли інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки
- пройшли стажування на робочому місці і здали іспит
- допущені наказом по підприємству до самостійної роботи.

Окремим наказом по підприємству призначається особа, відповідальна за обслуговування ДІВ, його своєчасну перевірку, заміну, передачу на збереження, утилізацію.

8. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект від впровадження проекту по удосконаленню існуючої QCS досягається за рахунок:

- оптимізації роботи сушильної частини ПРМ;
- зменшення відходів паперу під час виробництва за рахунок стабілізації показників паперу в накаті ПРМ;
- зменшення кількості рекламаций від замовників продукції.

Таблиця 8.1 Вхідні дані для розрахунку економічної ефективності

Параметр	Значення
Маса 1 м ² паперу в накаті, т, кг	0,120
Розрахункова швидкість ПРМ, v, м/хв	100
Обрізна ширина паперового полотна, b, м	2,400
Вихід готової продукції з відлитого на ПРМ перед удосконаленням, k ₁ %, %	90
Вихід готової продукції із відлитого на ПРМ після впровадження проекту, за рахунок зменшення відходів під час виробництва, k ₂ %, %	90,5
Кількість робочих днів за рік, n, діб	345
Коефіцієнт використання робочого часу, k	0,95
Середня собівартість 1 тони паперу, Р, тис. грн	160
Кількість рекламаций за рік (без повернення продукту)	5
Витрати на вирішення питань якості паперу на 1 рекламацию (відрядження й приймання представників замовника), тис.грн	10
Орієнтовна вартість проекту, тис. грн (тис. євро)	8 000 (200)

Продуктивність виробництва паперу за рік:

$$Q_1 = m \cdot v \cdot b \cdot k_{\%} \cdot k \cdot n \cdot 60 \cdot 24 / 100000 \quad (8.1)$$

Продуктивність виробництва паперу за рік (існуюча), т:

$$Q_1 = 0,12 \cdot 100 \cdot 2,4 \cdot 90 \cdot 0,95 \cdot 345 \cdot 60 \cdot 24 / 100000 = 12\,233$$

Продуктивність виробництва паперу за рік після удосконалення, т:

$$Q_2 = 0,12 \cdot 100 \cdot 2,4 \cdot 90,5 \cdot 0,95 \cdot 345 \cdot 60 \cdot 24 / 100\,000 = 12\,301$$

Додатково отримана продукція, т

$$Q = Q_1 - Q_2 = 12\,301 - 12\,233 = 136$$

Економічний ефект від збільшення % виходу, тис. грн:

$$E_1 = Q * P = 68 * 160 = 10\,880 \text{ тис. грн}$$

Економічний ефект у разі відсутності рекламацій замовника:

$$E_2 = 5 * 10 = 50 \text{ тис. грн.}$$

Загальна економія, тис. грн. на рік:

$$E = E_1 + E_2 = 10\,880 + 50 = 10\,930$$

Ефективність проекту характеризується терміном окупності:

$$T_{ок} = \frac{\text{Загальна вартість проекту}}{\text{Економія}} \quad (8.2)$$

$$T_{ок} = 8\,000 : 10\,930 = 0,73 \text{ роки} = 9 \text{ місяців}$$

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						78
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В роботі коротко представлено процес виробництва паперу на ПРМ на прикладі виготовлення кабельного паперу.

Розглянуто існуючий комп'ютеризований контроль готової продукції онлайн, перед накатом ПРМ.

Запропоновано посилити контроль параметрів на попередній стадії ПРМ для стабілізації кінцевих параметрів і покращення показників ефективності виробництва.

Проведено огляд сучасних QCS та аналіз їх можливостей. Здійснено підбір додаткових елементів для удосконалення існуючої QCS.

Розроблено структурну, функціональну схему та представлено алгоритм роботи удосконаленої QCS.

Представлено принципову схему типового мікрохвильового датчика вологості.

В роботі приведено приклад розрахунку похибки вимірювань та надійності роботи системи.

Надано інформацію щодо заходів безпеки при роботі з системою та порядку дій в аварійних ситуаціях.

Оскільки метою удосконалення було підвищення якості та зменшення витрат, здійснено орієнтовний розрахунок економічної ефективності.

Додаткове вимірювання вологості в процесі виготовлення паперу після пресової частини ПРМ забезпечує оптимальне сушіння для досягнення цільових показників якості продукції. Це також дозволяє виробнику паперу оптимізувати споживання енергії для зменшення витрат або збільшити швидкість виробництва для досягнення виробничих цілей.

Підвищення якості та стабільності готової продукції зменшує кількість відходів виробництва і претензій від замовника.

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						79
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wikipedia [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org>
2. Державний стандарт ДСТУ 2861 «Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення».
3. Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР (Статус: Чинний) Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку.
4. Л.В.Борисова, Автоматизовані системи управління технологічного процесу в хімічних виробництвах. Курс лекцій, Харків, НУЦЗУ, 2015, 99 стор.
5. А.К.Бабіченко, Промислові засоби автоматизації, Частина 1, Вимірювальні прилади, Харків, НТУ «ХПІ», 2001, 470 стор.
6. Трігла, Інструкція з експлуатації системи, 2009-2023
7. Pulp and paper | ABB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://new.abb.com/pulp-paper/abb-in-pulp-and-paper>
8. Sensors [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://process.honeywell.com/us/en/products/control-and-supervisory-systems>
9. Унікальні рішення по автоматизації систем управління | Трігла. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.trigla.com.ua/en/qcs-paper-belt-quality-control-system-based-on-scanning-device.html>
10. Valmet: technologies, services and automation to pulp, energy and paper industries [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.valmet.com/automation/quality-management/quality-control-system-qcs>
11. Voith Quality Control System (QCS) OnQuality | Voith [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://voith.com/corp-en/products-services/automation-digital-solutions/onquality.html>
12. Yokogawa Electric Corporation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.yokogawa.com/solutions/products-and-services/control/quality-control-system/paper-quality-control-system-qcs>

					<i>МММТ 420.002.002- ПЗ</i>	Лист
						80
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

13. ANDRITZ GROUP [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.andritz.com>.

14. Paper Machine Quality Control Systems - Volume 1: Measurement Systems and Product Variability [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/R/0101R328.aspx>.

15. Paper | Board | Tissue – Quality Control (Scanner) System – Jasch Industries Limited [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://jasch.net.in/paper-global-trendsetting-technology>.

16. ABB's QCS program to provide new features for pulp and paper mills - Pulp and Paper Canada [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.pulpandpapercanada.com/abbs-qcs-program-to-provide-new-features-for-pulp-and-paper-mills>.

17. Scheme of the paper machine | Download Scientific Diagram [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-the-paper-machine_fig3_50221418.

18. After-Press Consistency [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://cristininorthamerica.com/after-press-consistency>.

19. Jenny Ekvall, Dryer section control in paper machines during web breaks [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/4762229/5471489>.

20. Paper Machine Industrial Analysis on Moisture Control Using BF-PSO Algorithm and Real Time Implementation Setup through Embedded Controller [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://koreascience.kr/article/JAKO201612455047363.pdf>.

21. Measurement methods | Mahlo [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.mahlo.com/en/measurement-methods/microwave-sensors/moisture-sensor-microwave-phase-shifting.html>.

22. DS Moisture Sensor.cdr [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.mesys.de/wp-content/uploads/MeSys-DS-Moisture-Sensor-en.pdf>

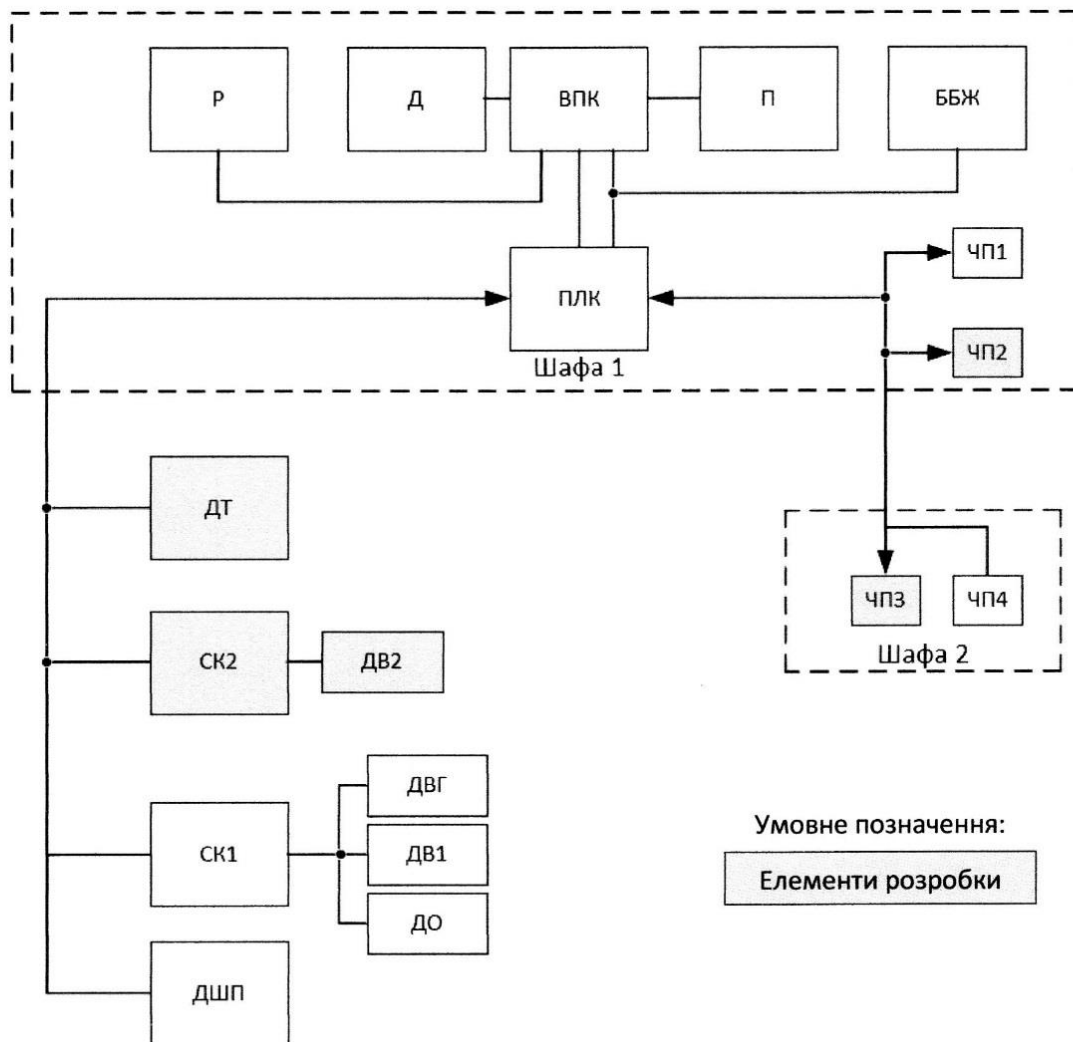
23. SIEMENS SIMATIC S7-1500 CPU 1512C-1 PN - 6ES7512-1CK01-0AB0 - OEM24 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oem24.pl/en/product/siemens-simatic-s7-1500-cpu-1512c-1-pn-6es7512-1ck01-0ab0/>

					МММТ 420.002.002- ПЗ	Лист
						82
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

Додаток А

Структурна схема

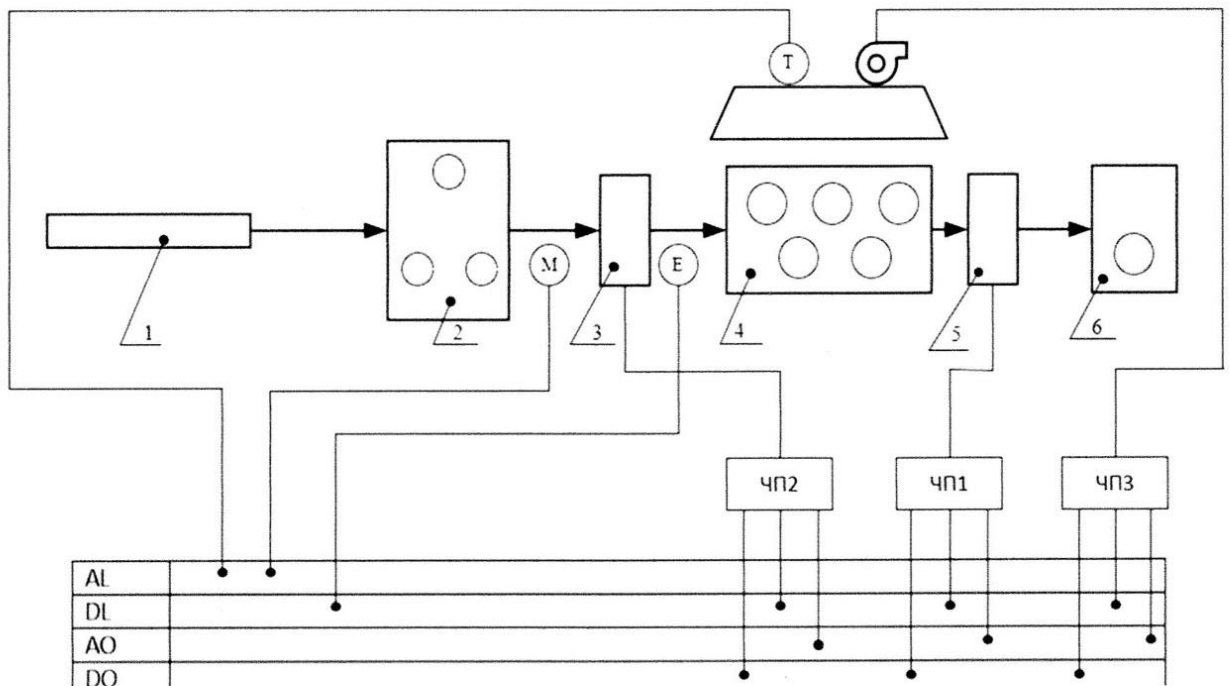


Складові структурної схеми:

- Р – роутер;
- Д – Дисплей;
- ВПК – виробничий персональний комп'ютер;
- П – принтер;
- ББЖ – безперебійний блок живлення;
- ПЛК – програмований логічний контролер;
- ЧП1-ЧП4 – частотні перетворювачі;
- ДТ – датчик температури;
- СК1-СК2 – сканери;
- ДВ1-ДВ2 – датчики вологості;
- ДВГ – датчик ваги;
- ДО – датчик обриву;
- ДШП – датчик швидкості паперу.

Додаток Б

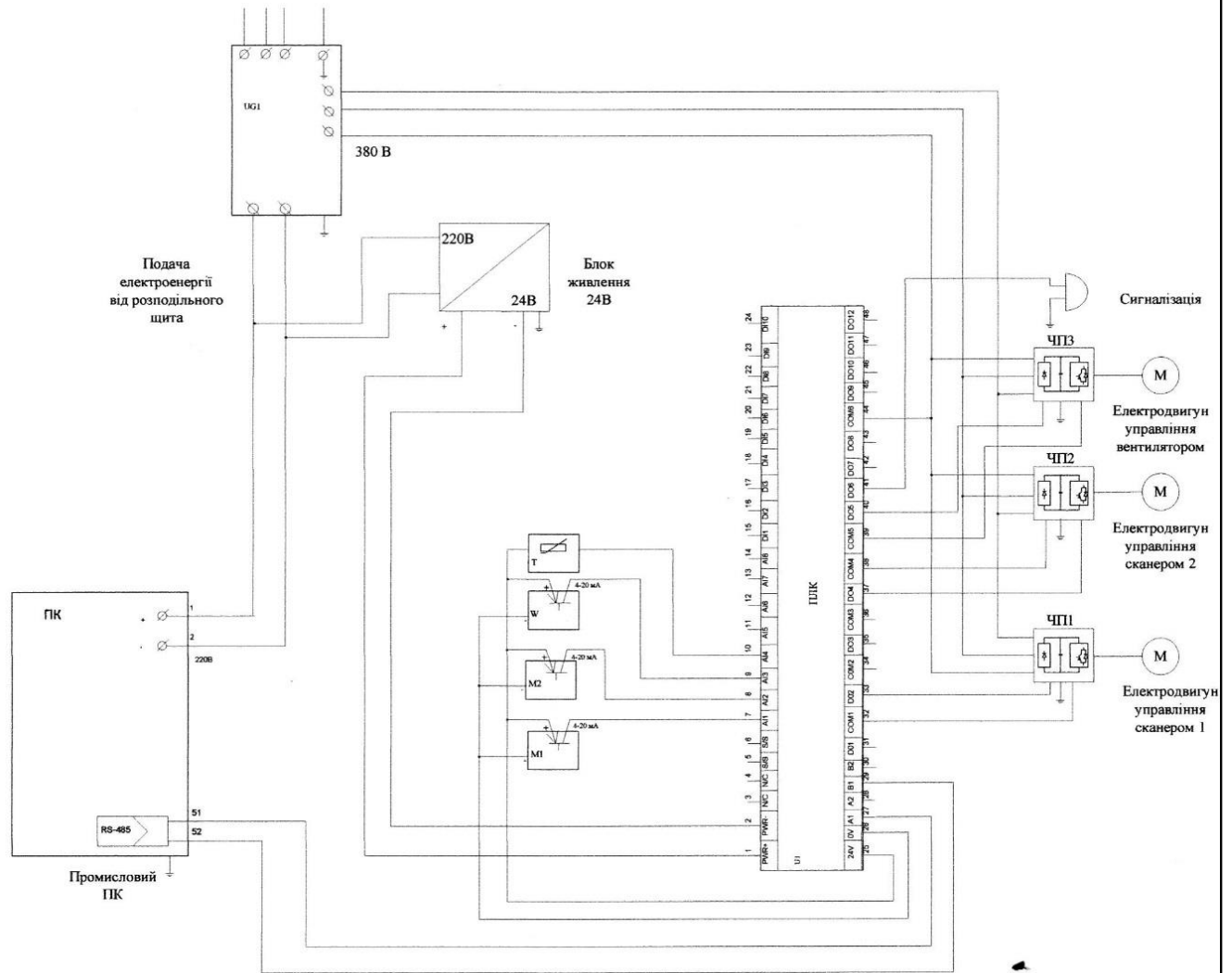
Функціональна схема



№ п.п	Позначення	Назва
1	1	Сіткова частина
2	2	Пресова частина
3	3	Сканер1
4	4	Сушильна частина
5	5	Сканер2
6	6	Накат
7	М	Датчик вологості
8	Е	Датчик відриву паперового полотна
9	Т	Датчик температури
10	ЧП1	Частотний перетворювач сканера 2
11	ЧП2	Частотний перетворювач сканера 1
12	ЧП3	Частотний перетворювач управління вентилятора
13	AI	Аналоговий вхід контролеру
14	DI	Дискретний вхід контролеру
15	AO	Аналоговий вихід контролеру
16	DO	Дискретний вихід контролеру

Додаток В

Принципова схема



Додаток Г

Лугових О.О., ст. викл. кафедри МтаІВТ
Вовк В. В., студент гр.МТ-2

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПАПЕРУ

Система контролю якості (QCS) відноситься до системи, яка використовується для вимірювання та контролю якості параметрів процесів в режимі он-лайн, наприклад паперу, виробленого папероробною машиною. Загалом, система керування пов'язана з вимірюванням і контролем однієї чи кількох властивостей при одночасному вимірюванні.

На папероробній машині QCS призначений для безперервного вимірювання та контролю властивостей рухомого листа у двох вимірах: у машинному напрямку (MD) і в поперечному напрямку (CD). Основна система вимірювання якості, як правило, включає вимірювання профілю вологості і базову вагу паперового полотна.

Безперервні вимірювання можуть включати: вміст золи, колір, яскравість, гладкість і блиск, вагу шару поверхневого покриття, однорідність формування, пористість, орієнтацію волокон і властивості поверхні.

Датчики, що вимірюють якість паперу, прикріплені до сенсорної платформи, розміщеної в сканері. Платформа сканує паперове полотно та безперервно вимірює характеристики паперу від краю до краю. Його також можна направити та зупинити до певної фіксованої точки на полотні, щоб виміряти параметр в одній точці в MD. Сканер вміщує певну кількість місць для вимірювальних датчиків в залежності від побажань виробника паперу.

Неможливо здійснити контроль всіх бажаних параметрів одним універсальним пристроєм. На папероробних машинах можуть одночасно використовуватися до десяти сканерів та датчиків, встановлених у різних точках (пресова частина, перед поверхневою проклеюю, у накаті). Отримані дані візуалізуються в єдиній системі відображення.

Вимоги до ідеального онлайн-датчика папероробної машини включають наступне:

- датчик відкалібровано відповідно до константи під час вимірювання; датчик і відповідна електроніка включають діагностику несправностей;
- сенсорна система не заважає виробництву;
- вимірювання виконуються в режимі реального часу і можуть бути скориговані без затримок;
- вимірювання стосується всього виробництва, а не лише малих зразків.

На існуючій папероробній машині яка виготовляє електроізоляційні папери встановлено QCS яка на даний час контролює 2 технологічних параметри (вагу 1м² та вологість паперу) . Для того, щоб забезпечити стабільні параметри, пропонує встановити ще один датчик вологості після пресової частини папероробної машини, що забезпечить початкові дані про вологість паперового полотна і в подальшому регулювання сушильної частини.

Оскільки технологічний процес виготовлення паперу складається, як правило, з великої кількості операцій, для уникнення втрат при виникненні як виправного, так й невивправного браку на багатьох підприємствах передбачено здійснення проміжного контролю.

Діюча QCS складається з: скануючого пристрою, оснащеного системою подачі повітря. На раму встановлена каретка з вимірювальними датчиками, каретка під час роботи переміщується по ширині паперового полотна.

Живлення сканера здійснюється від мережі змінного струму за допомогою системи AC/DC та DC/DC. При перебоях з електроживленням система підживлюється від промислового джерела безперебійного живлення встановленого на станції оператора. Отримані сигнали від датчиків передаються на шафу управління, де обробляються контролером і передаються на станцію оператора для візуалізації.

Шафа управління, центральною ланкою системи контролю якості є промисловий програмований логічний контролер (PLC) Siemens Simatic S7 серії 300. Збірка шафи (ступінь захисту IP55) здійснюється із застосуванням комутаційної апаратури.

Станція оператора виконана на основі промислового ПК з тактильним екраном, має ступінь захисту IP66 і може бути встановлена в зручному для персоналу місці, в безпосередній близькості біля скануючого пристрою. Система графічної візуалізації виконана на базі SCADA Citect / WinCC і має логічний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора. Також станція оснащена промисловим джерелом безперебійного живлення, що виключає втрати даних при перебоях з електроживленням. Зв'язок з шафою керування здійснюється по протоколу Ethernet.

Для вимірювання поточних параметрів паперу на каретку може бути встановлено на вибір до 4 вимірювальних датчиків. Сигнали від датчиків надходять на контролер, обробляються і передаються на систему візуалізації.

Базова система комплектується двома датчиками: датчик вимірювання маси 1м2, радіоізотопний; датчик вимірювання вологості 1м2, інфрачервоний;

Для вимірювання маси 1м2 паперового полотна використовується радіоізотопний датчик. Принцип роботи датчика заснований на залежності проходження іонізуючого випромінювання через матеріал в залежності від його маси і щільності.

Для вимірювання вологості паперового полотна в систему встановлюється інфрачервоний датчик вологості. В основу виміру покладено принцип співвідношення абсорбції речовиною хвиль ближній інфрачервоній області світлового випромінювання. Вимірювання вологості забезпечує комплексне управління витратою енергії всього виробничого процесу. Дані он-лайн вимірювання вологості в реальному часі можуть бути застосовані для економії енергії.

Розроблена вимірювальна системи контролю параметрів паперу представлена на рис.1

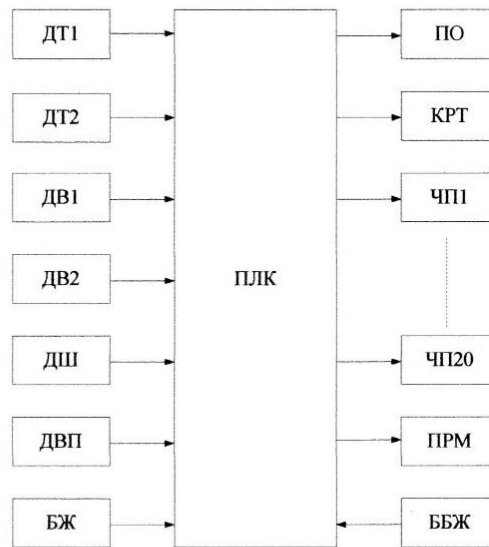


Рис.1 Структурна схема вимірювальної системи контролю параметрів паперу

Складові структурної схеми системи наступні:

- ДТ1, ДТ2 – датчик температури;
- ДВ1, ДВ2 – датчики вологості;
- ДШ – датчик швидкості;
- ДВП – датчик ваги паперу;
- БЖ – блок живлення, ББЖ – блок безперебійного живлення;
- ПО – пульт оператора;
- КРТ – клапан регулювання тиску насиченого пару;
- ЧП1-ЧП20 – частотні перетворювачі;
- ПРМ – папероробна машина.

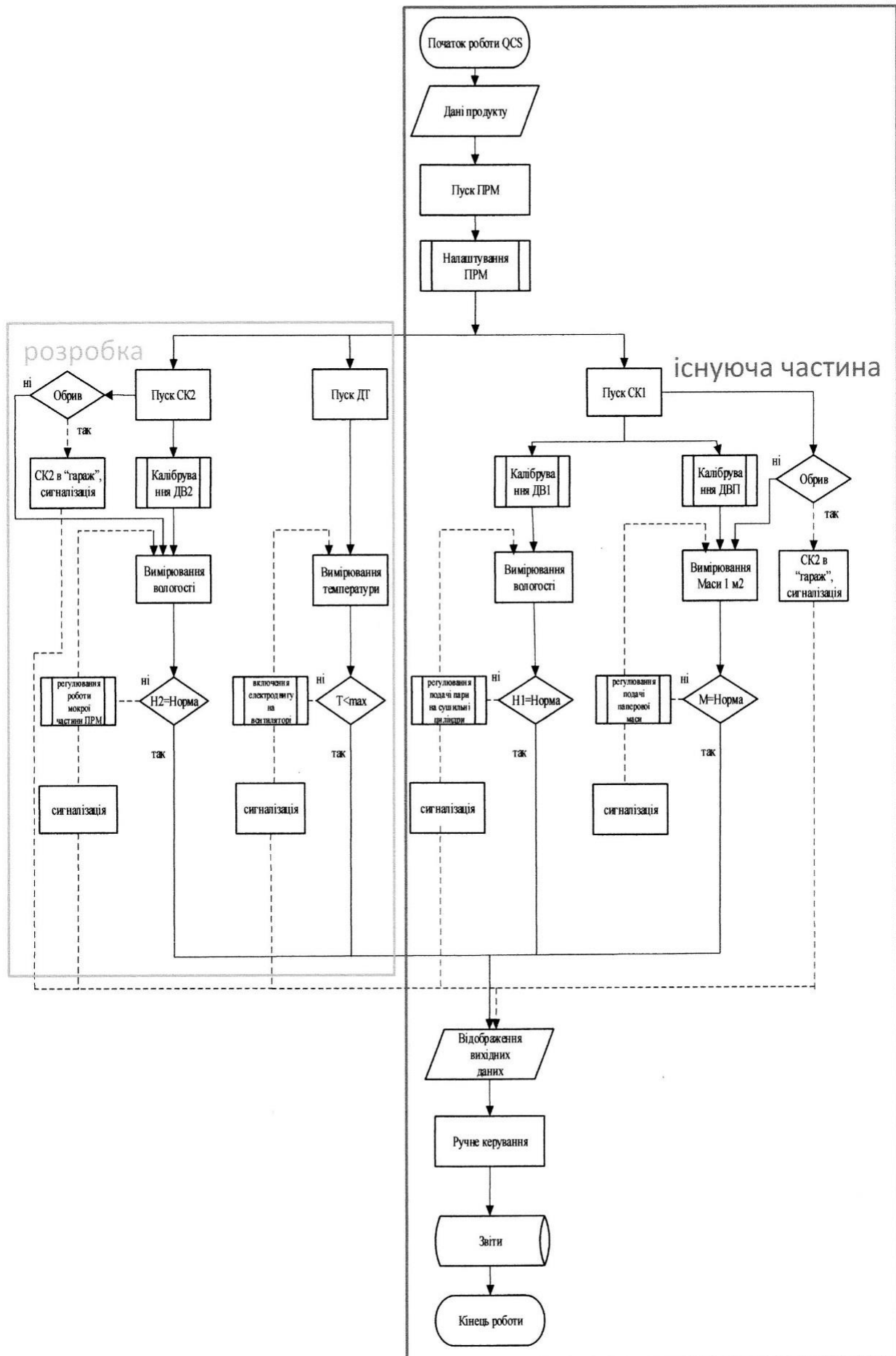
Надійні та довговічні технології інтегрованих і автономних вимірювань дозволяють: значно зменшити споживання енергії за рахунок оптимізації сушіння паперу; підвищити продуктивність машини завдяки швидшому запуску; покращити моніторинг і діагностику машини завдяки кращому видаленню води з паперового полотна.

Сучасні засоби для вимірювання вологості надають інструменти, необхідні для повного наскрізного контролю вологості. Їх пропонують різні виробники, вони можуть мати різний принцип роботи. Задачею проекту є оптимальний підбір способу вимірювання, приладу і інтеграція його в діючу QCS.

Список використаних джерел:

- 1.Valmet IQ Quality Control System [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.valmet.com/automation/quality-management/quality-control-system-qcs>.
2. Qcs paper belt quality control system based on scanning device [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.trigla.com.ua/en/qcs-paper-belt-quality-control-system-based-on-scanning-device.html>.
3. Voith Quality Control System (QCS) OnQuality[Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://voith.com/corp-en/products-services/automation-digital-solutions/onquality.html>

Блок схема алгоритму роботи



РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр"

виконаного на тему:

«Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів паперу»

студентом групи МТ-2, Вовк Валентином Васильовичем

Кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Представлена на рецензію дипломна робота, освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» відповідає затвердженій темі та виконана відповідно до завдання. Дана робота характеризується актуальністю, оскільки присвячена питанням удосконалення технологічного контролю і якості продукції.

Дипломна робота складається зі вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань. У роботі, освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», запропоновано та обґрунтовано удосконалення існуючої автоматизованої системи контролю якості.

В теоретичній частині роботи:

- Висвітлений процес виробництва на прикладі виготовлення кабельного паперу;
- Розглянуто існуючий комп'ютеризований контроль готової продукції;
- Проведено огляд сучасних автоматизованих систем контролю якості (QCS) та аналіз їх можливостей.

Автором дипломної роботи запропоновано наступні покращення:

- Запропоновано посилити контроль параметрів на попередній стадії ПРМ для стабілізації кінцевих параметрів і покращення показників ефективності виробництва;
- Здійснено підбір додаткових елементів для удосконалення існуючої QCS.

До позитивних аспектів дипломної роботи, можна віднести наступні:

- В практичній частині розроблено структурну, функціональну схему та алгоритм роботи удосконаленої QCS;
- В роботі приведено приклад розрахунку похибки вимірювань та надійності роботи системи. Надано інформацію щодо заходів безпеки при роботі з системою та порядку дій в аварійних ситуаціях. Здійснено орієнтовний розрахунок економічної ефективності;
- Результати розробки можуть використовуватись паперовому виробництві для покращення якості продукції і зменшення виробничих затрат.

Враховуючі успішне проходження практики на базі Метрологічної служби Приватного акціонерного товариства "Малинської паперової фабрики - Вайдманн" протягом двох навчальних років та матеріалів, представлених в дипломній роботі, автор - Вовк Валентин Васильович заслуговує високої оцінки даної роботи і присвоєння кваліфікації **бакалавра за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»** відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи»

Директор департаменту якості
16.06.2023

Олена ХАНЕНКО

