

## АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: Розробка автоматизованої системи керування офсетною друкарською машиною та дослідження її якісних характеристик

Ключові слова: поліграфія, офсетний друк, друкарська машина, автоматизація.

У даній роботі проведено розробку автоматизованої системи керування офсетною друкарською машиною, пов'язану з автоматизацією контролю положення паперу та керування електроприводом.

Приведено технологічний процес офсетного друку, розрахунок і наладку основних блоків схеми. Розроблена мікропроцесорна схема керування системи контролю відхилення полотна, наявності полотна, розриву полотна, натягу полотна. Вибрана система контролю рівня заповнення фарби резервуара в друкарських секціях, зміщення фарби. Розроблена структурна схема автоматизованої лінії.

Досліджено механіка подачі полотна в модуль друку. Проведено моделювання та керування бічною динамікою переміщення полотна. Здійснено аналіз інерційності барвникового апарата.

Розроблено алгоритми та набір команд для роботи автоматичної системи керування двигунами папероподаючих пристроїв друкарської машини.

## ЗМІСТ

Вступ .....	
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	
1.1 Основні технічні характеристики рулонних офсетних друкарських машин .....	
1.2 Газетні рулонні офсетні машини .....	
1.3 Книжково-журнальні рулонні офсетні машини .....	
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	
2.1 Аналіз сучасних технологій друку .....	
2.2 Основи офсетного друку .....	
2.3 Технологія офсетного друку .....	
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	
3.1 Опис будови та принципу роботи друкарської секції .....	
3.1.1 Огляд друкарської лінії .....	
3.1.2 Огляд пристрою вловлювання, регуляторів та контролю полотна .....	
3.2 Розробка засобів автоматизації .....	
3.2.1 Розробка структурної схеми автоматизації .....	
3.2.2 Вибір та опис програмованого контролера .....	
3.2.3 Вибір перетворювача .....	
3.2.4 Розробка засобів контролю рівня фарби в резервуарі в друкарській секції .....	
3.2.5 Розробка засобів контролю положення та натягу полотна .....	
3.2.6 Вибір давача неперервності полотна .....	
3.2.7 Вибір елементів контролю відхилення полотна .....	
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....	
4.1 Аналіз механіки подачі полотна в модуль друку .....	
4.2 Моделювання динаміки бічного переміщення полотна .....	
4.3 Аналіз інерційності барвникового апарата .....	
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....	
5.1 Розробка алгоритмів роботи системи керування .....	

5.2 Система команд мікро-ЕОМ .....	
5.3 Програмні засоби мікроконтролерів .....	
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ....	
6.1 Вентиляції та заходи щодо обмеження виробничого шуму та вібрації ...	
6.2 Заходи електробезпеки та пожежної безпеки .....	
6.3 Вимоги до вентиляційних систем при експлуатації .....	
6.4 Вимоги до вентиляційних систем при ремонті .....	
Висновки .....	
Перелік посилань .....	
Додатки .....	

## ВСТУП

Автоматизація процесу поліграфічного виробництва займає особливе місце в загальному спектрі завдань з автоматизації виробничих процесів і є однією з найскладніших. Ні для кого не секрет, що швидкість життя постійно і стрімко зростає. Завдяки технічному прогресу великими темпами зростає і швидкість отримання та обробки інформації. Настав той час, коли практично всі галузі оснащуються комп'ютерними системами. Вони допомагають отримувати необхідні для кожного працівника дані в десятки або навіть в сотні разів швидше, ніж раніше, обробляти їх і передавати далі по ланцюжку, щоб у режимі реального часу миттєво можна було бачити результат роботи всієї великої структури. Від цього часто залежить успіх підприємства і рівень його розвитку.

Автоматизація, окрім об'єкта керування вимагає додаткового застосування датчиків (сенсорів), керуючих пристроїв (контролерів із засобами вводу-виводу), виконавчих механізмів та у переважній більшості базується на основі використання електронної техніки та методів обчислень, що іноді копіюють нервові і розумові функції людини.

Автоматизуються:

- виробничі (технологічні) процеси;
- проектування;
- організація, планування та управління;
- наукові дослідження.
- бізнес-процеси.

Системи автоматизації

Мета автоматизації — підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, оптимізація управління, усунення людини від виробництв, небезпечних для здоров'я.

Автоматизація, за винятком простих випадків, вимагає комплексного, системного підходу до рішення задачі, тому конкретні вирішення завдань засобами автоматизації, зазвичай називаються системами, наприклад:

- система автоматичного керування (САК);
- автоматизована система управління (АСУ);
- система автоматизації проектних робіт (САПР);
- автоматизована система керування технологічним процесом (АСК ТП).

Система автоматизації — інформаційно об'єднана сукупність програмованих пристроїв автоматизованого та автоматичного контролю, регулювання та управління.

Галузі, де автоматизація є актуальною: виробництво сталі, гірнична справа, машинобудування, хімічне виробництво, харчова промисловість, енергетика, керування автомобільним, залізничним і повітряним транспортом.

Складовими елементами системи автоматизації є підсистеми:

- Технологічної та аварійної сигналізації.
- Автоматичного блокування і технологічного захисту.
- Аварійного керування.
- Реєстрації стану керованого процесу і дій оператора.
- Комунікації даних між пристроями системи та із зовнішніми інформаційними системами.

У даній роботі розглядалася стрічкова друкарська машина для друку журналів та іншої комерційної продукції KBA Compacta 215, яка являє собою величезний крок вперед у комерційній рольовій друку і задає нові орієнтири продуктивності, якості та економічності. Її застосування дозволить значно розширити виробничі можливості і досягти виключно високої якості друку.

Основні переваги Compacta 215:

- використання сервоприводів;
- унікальна система мініцілін, істотно збільшує економію паперу;
- автоматичний переналагоджуючий фальцаппарат для швидкого переналагодження (час переналадки ~2 хв.);
- децентралізована система управління технологічними операціями агрегатного рівня;

- дві центральних консолі для зручного керування машиною;
- можливість підключення друкарської машини до мережі передачі даних за допомогою системи Logotronic;
- плівкові фарбові апарати з дуже низьким ступенем нерівномірності нанесення;
- додатковий температурний контроль розкатного циліндра фарбового апарату для «сухого» офсету.

Паперопровідний пристрій, друкарські секції, охолоджуючі валики, значна частина модулів фальцапарата F3 друкарської машини Compacta 215 приводяться в дію серводвигунами змінного струму. Замість традиційних механічних валів застосовуються електронні вали. Керуючі карти CLC беруть на себе функції управління приводом. Ця революційна привідна техніка має на практиці багато переваг: відсутність технічного обслуговування, повністю закриті й економічні трифазні приводи, відсутність додаткових допоміжних приводів для переналагодження, висока точність переміщення, відсутність передачі вібрацій і, в підсумку, покращена якість друку і значно знижені витрати на технічне обслуговування. У машині Compacta 215 відсутня механіка загальної системи окружної приводки. Ця функція передана роздільного приводу. Хід машини дуже спокійний, час реакції на процеси регулювання мінімальний, а якість друку відмінна.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Основні технічні характеристики рулонних офсетних друкарських машин

Рулонні офсетні друкарські машини є найбільш швидкохідними із усіх видів друкарського устаткування, що досягається завдяки ротаційному друкарському апарату й безперервній подачі матеріалу у вигляді паперової стрічки (полотна). Це дозволяє повністю використовувати час робочого циклу для друкування ( $K_{ц}=1$ ).

Сучасні рулонні друкарські машини мають частоту обертання друкарської пари 50.000–70.000 об/год при швидкості подачі (проводки) паперового полотна 12–15 м/с. Вони мають широкі технологічні можливості відтворення на матеріалі будь-яких графічних багатоколірних зображень. По ходу проводки полотна можуть виконуватися операції розрізки, висічки, фальцювання, проклейки, що суттєво спрощує й здешевлює одержання готової продукції.

Рулонні друкарські машини мають загальну структурну схему побудови, де по ходу руху паперової стрічки розміщуються функціональні основні вузли й елементи машини. Подача паперу проводиться полотноживильною системою, що представляє собою рулонну зарядку, на якій встановлено один або два рулони. Процес друкування здійснюється в друкарських апаратах, кількість яких та їх розміщення залежить від схеми побудови друкарського модуля. По ходу переміщення паперової стрічки до прийомного пристрою в книжково-журнальних машинах для прискореного закріплення фарби застосовуються сушильні пристрої, після яких розміщуються охолоджувальні циліндри (каландри). Завершальна стадія – обробка друкованого полотна в фальцювальних апаратах. Багатоопераційність рулонних машин дозволяє отримати на виході друковану продукцію у вигляді аркушів, рулонів, зошитів і навіть готових брошур, книг і журналів. При виготовленні останніх у склад машин включають

друкувально-оздоблювальну лінію.

Стрімкий розвиток рулонних офсетних машин пояснюється не тільки високими швидкостями друкування, але й можливістю одержувати якісну друковану продукцію на рівні з якістю листової.

Сучасні рулонні друкарські машини оснащені системами електромеханічних приводів, пристроями керування й контролю з високопродуктивними мікропроцесорами, програмним забезпеченням на «бортових» ЕОМ. Якщо до середини ХХ століття основу у виробництві друкарських машин становила механіка – близько 80%, а решта – електроустаткування й електроніка, сьогодні це співвідношення радикально змінилося. В ХХІ столітті частка механіки у виробництві й ціні машини становить близько 50%, електроустаткування й електроніка – 35%, а решта – програмне забезпечення, без якого неможлива організація роботи швидкісних високоавтоматизованих друкарських комплексів. Сучасні друкарські машини – це високоточні механічні системи, з переліченими вивіреними параметрами основних навантажених виконавчих механізмів, з урахуванням роботи їх в інтенсивному динамічному режимі.

Високий рівень якості друкованої продукції рулонних офсетних друкарських машин обумовлений не тільки новими оригінальними конструктивними рішеннями й високим рівнем автоматизації, але й досягненнями в області технології друкарських процесів. Серед технологічних факторів, що дозволяють підвищити якість друкованої продукції, слід зазначити введення в експлуатацію форм із високою роздільною здатністю з мінімальним використанням зволоження або без зволоження, які зменшують емульгування фарб і деформацію паперу. Підвищення механічної міцності паперу при зниженні її маси збільшує стабільність поведінки паперової стрічки в процесі друкування й робить друкарський процес більш рентабельним. Розробка нових офсетних фарб із підвищеною концентрацією пігментів високої дисперсності, на основі летучих екологічно безпечних розчинників, дозволяє закріплювати їх за короткий



проміжок часу, що збільшує продуктивність рулонної друкарської машини.

Рулонні машини містять прості за конструктивним виконанням й зручністю в експлуатації друкарські модулі, які містять уніфіковані друкарські апарати. Модулі, які володіють повною взаємозамінністю можна легко агрегувати у різних комбінаціях для створення друкарських комплексів різних конфігурацій для організації друку на одній або декількох паперових стрічках в одну або декілька фарб. Відсутність у друкарських апаратах складних циклічно навантажених механізмів знімає обмеження по швидкості їх роботи й по ширині матеріалу. До недоліків рулонних друкарських машин, при їх порівнянні з листовими машинами, слід віднести:

- обмеженість форматів друкованої продукції;
- обмеженість форматів по довжині рубання стрічки через жорстку схему побудови фальцапарата;
- менша точність суміщення фарб через нестабільну поведінку паперової стрічки;
- деяке обмеження по товщині й масі забезпеченого матеріалу.

Поряд зі специфічними механізмами й вузлами, серед яких стрічкоживильні й стрічковедучі системи, фальцапарати, сушильні й охолоджувальні пристрої, рулонні машини мають багато конструктивних рішень аналогічних із листовими друкарськими машинами. Рулонні офсетні машини призначені для друкування різноманітного асортименту друкарської продукції – від акцидентної до крупнотиражних багатоколірних газет і журналів.

Вони поділяються, залежно від характеру друкованої продукції, на книжково-журнальні й газетні. За розташуванням друкарських секцій відносно стрічкоживильного пристрою вони поділяються на рулонні машини партерної, балконної і баштової побудови. У першому випадку всі секції розташовуються на одному рівні (у лінію), у машин балконної побудови стрічкоживильні пристрої (рулонні зарядки) перебувають під друкарськими секціями, як правило, на цокольному поверсі. Машини баштової побудови

мають вертикальне розташування друкарських секцій із вертикальною проводкою стрічки, довжина шляху якої суттєво коротша ніж у машин лінійної побудови. Можливість гнучкого агрегування розташуванням і кількістю друкарських модулів дозволяє одержати різноманітні варіанти їх компонування з урахуванням вимог замовника.

## 1.2 Газетні рулонні офсетні машини

Друкарські газетні рулонні офсетні машини мають, як правило, баштову побудова у вигляді комбінацій вертикально розташованих друкарських модулів, кожний з яких представляє компонування декількох друкарських апаратів. Стрічкоживильні пристрої машин ярусної побудови звичайно розташовуються на цокольному поверсі або, відповідно до умов друкарні, на одному рівні із друкарськими секціями. З урахуванням специфіки газетної продукції сушильні пристрої, як правило, не входять у комплектацію газетних друкарських машин, оскільки офсетна фарба на газетному папері закріплюється природно без впливу гарячого повітря. За бажанням замовника, беручи до уваги характер друкованих видань, наприклад, вкладки на крейдованому папері, можливе оснащення стрічкопровідної системи газетної машини сушильним пристроєм.

Друкарські модулі будуються по 8-циліндровій схемі Н-подібної конфігурації (рис.1.1, а), 9-циліндровій схемі планетарної побудови (рис.1.1 б) і комбінації 4-циліндрових друкарських секцій (рис.1.1 в) із лінійним горизонтальним розташуванням циліндрів.

Модуль Н-подібної конфігурації має у своєму складі чотири друкарські апарати, об'єднаних попарно щодо вертикалі й побудованих за варіантом «валик до валика» (R2R). При цьому офсетні циліндри розміщуються під деяким кутом до горизонталі, а щодо них вище або нижче розташовуються формні циліндри, у результаті такого розташування циліндрів двох друкарських апаратів (верхніх і нижніх) утворює похилі арки. Похила

орієнтація офсетних циліндрів дозволяє уникнути «просмикування» паперової стрічки у момент взаємодії офсетних циліндрів, що може привести до неминучого браку друкованої продукції.

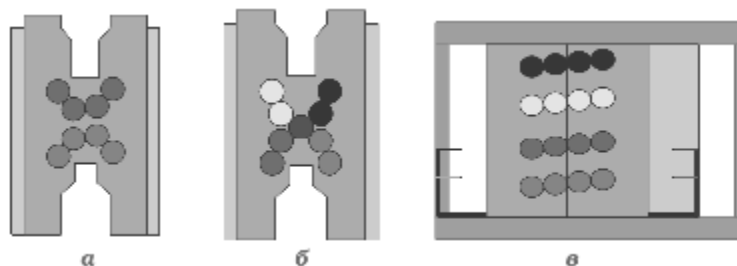


Рис. 1.1 - Схема побудови друкарських модулів:  
*а* – Н-подібна конфігурація; *б* – планетарна побудова; *в* – лінійне (горизонтальне) розташування циліндрів

Циліндри друкарського модуля розміщуються зі своїми опорами у відлитої із модифікованого чавуну стінках, які по своєму обрисі нагадують букву «Н». Корпус модуля в зборі містить дві литі стінки, що представляють сторони привода й обслуговування машини, з'єднані між собою сполучними конструкціями. Кожна стінка в місцях розташування підшипникових вузлів кріплення циліндрів має товщину до 100 мм. Самі стінки виконані у виді об'ємної коробчатої конструкції з ребрами жорсткості всередині й бортуванням по периметру шириною 400 або 425 мм залежно від формату друкарського модуля. У нішах стінок розміщається необхідне устаткування, проводи, системи подачі масла й повітря.

Прийнята схема розміщення циліндрів сприяє створенню компактного друкарського модуля з мінімальною відстанню між друкованими зонами, зі зручними майданчиками для обслуговування, з максимальною барвистістю однієї стрічки 2/2. Як правило, модулі подібної конфігурації розміщуються один над одним й мають вертикальну проводку стрічки.

На рисунку 1.2 наведені варіанти проводки паперової стрічки й барвистості для одного друкарського модуля:

- при проводці однієї стрічки максимальна кількість фарб складе 2/2 (схема а), 1/1 – при відключенні верхніх або нижніх друкарських апаратів

(схема б), 2/1 – при відключенні одного з нижніх друкарських апаратів (схема в);

- при проводці двох стрічок барвистість кожної складе 1/1 (схема г).

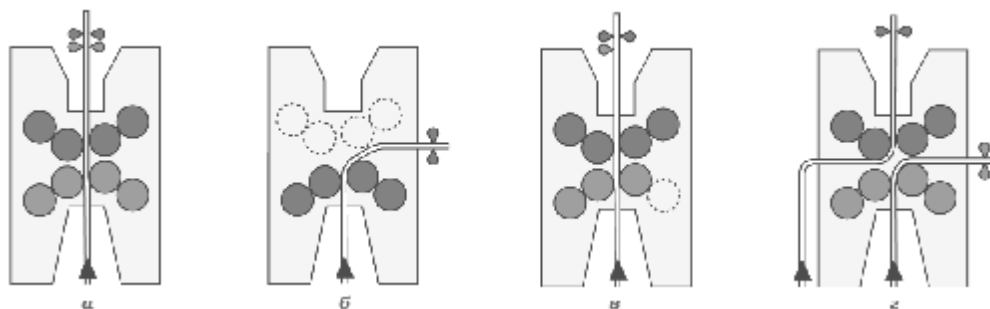


Рисунок 1.2 - Варіанти проводки стрічки для одного Н-подібного модуля

Розміщення модулів один над одним дає можливість одержати короткий шлях проводки паперової стрічки, який суттєво менший ніж при лінійній побудові. На рисунку 1.3 показані деякі варіанти проводки полотна й барвистості при вертикальному розміщенні двох модулів:

- при забезпеченні однієї стрічки максимальна кількість барв – 4/4 (схема а), барвистість 4/2 при відключенні двох друкарських апаратів, барвистість 4/1 при відключенні 3-х друкарських апаратів (схема в);
- максимальна кількість барв кожної із двох стрічок складе 2/2, барвистість 2/1 при відключенні одного із друкарських апаратів (схема б);
- варіант забезпечення трьох стрічок при включенні всіх друкарських апаратів двох модулів (схема г).

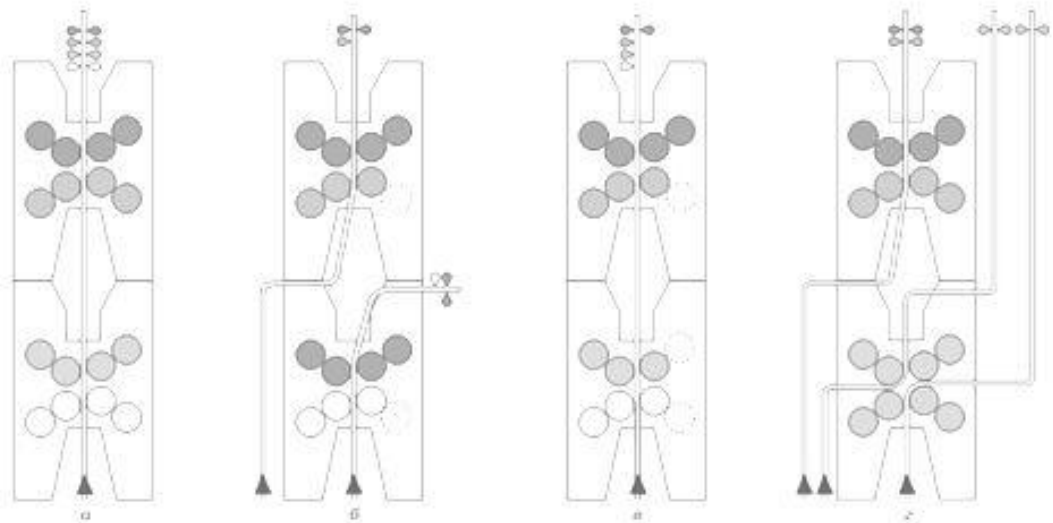


Рисунок 1.3 - Варіанти проводки стрічки для двох Н-подібних модулів

Друкарські модулі Н-подібної конфігурації відрізняються компактністю побудови, можливістю друку з одного або двох рулонів з різними варіантами барв. Як показала практика, експлуатації газетних друкарських машин із вертикальним розташуванням модулів дозволяє на обмеженій площі розгорнути виробництво багатоколірної друкованої продукції з високою точністю приводки фарб. Гнучке агрегування розташуванням і кількістю модулів дає можливість отримати різноманітні варіанти їх компонування з урахуванням вимог замовника, стосовно до умов друкарні. Слід враховувати велику вагу друкарських модулів, що висуває підвищені вимоги до фундаменту й умов експлуатації багатоярусного друкарського комплексу. Для його обслуговування застосовують спеціальні галереї й робочі майданчики із системою сходів або оригінальні ліфтові підйомники.

### 1.3 Книжково-журнальні рулонні офсетні машини

Для книжково-журнальних машин характерна партерна (лінійна) побудова, коли на одному рівні розташовуються рулонні зарядки, друкарські секції, сушильні й охолоджувальні пристрої й фальцапарат. Можливо ярусна побудова друкарських машин, за умови, якщо друкарські секції разом із сушильним пристроєм розташовуються над базовою друкарською машиною. Сушильні й охолодні пристрої (у відмінності від газетних) є частиною стрічкопровідної системи і входять у комплектацію книжково-журнальної машини.

Друкарські апарати книжково-журнальних машин будуються за традиційною чотирициліндровою схемою І-подібної конфігурації. Існують також 6-циліндрові секції планетарної побудови У-подібної конфігурації. Залежно від схеми проводки стрічки, У-подібні планетарні секції забезпечують три варіанти барвистості: 1/1, 2/1 і 3/0 (рис.1.4). При продруковуванні стрічки за варіантом 3/0 нижній друкарський апарат працює за методом прямої офсетної плоскої друкарської машини (ді-літе), коли офсетна фарба з форми прямого переносу переходить відразу на матеріал, минаючи офсетний циліндр. Перевага планетарного друкарського апарата очевидно, оскільки в процесі друкування досягається висока точність приводки фарб при нанесенні їх на паперову стрічку, яка перебуває на одній опорній циліндричній поверхні.

Найбільше поширення отримали чотирициліндрові друкарські секції, які нагадують за своїм вертикальним розташуванням циліндрів латинську букву І (рис. 2.5).

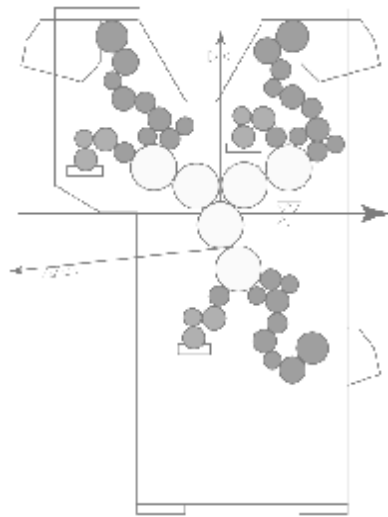


Рисунок 1.4 - Друкарська секція  
Y-подібної конфігурації

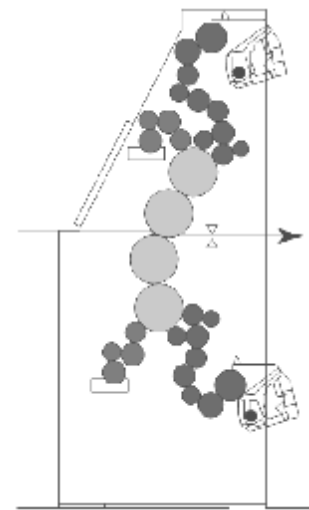


Рисунок 1.5 - Друкарська секція  
I- подібної конфігурації

Вони представляють варіант лінійної побудови друкарського апарата, з циліндрами розташованими під деяким кутом до вертикалі. Як було відзначено раніше, таке невелике кутове зміщення циліндрів один до іншого поліпшує умови виводу стрічки із зони друкованого контакту завдяки неузгодженості моменту відділення (відриву) стрічки від поверхні офсетних циліндрів. Відомо, що паперова стрічка при виводі із зони друкованого контакту прилипає до поверхні верхнього або нижнього циліндрів залежно від величини адгезивних сил. Кутовий зсув лінії розташування осей циліндрів від вертикалі (приблизно рівний  $12^\circ$ ) збільшує кут охопту стрічкою поверхні верхнього офсетного циліндра, одночасно зменшуючи кут охопту з нижнім офсетним циліндром. У результаті такого компонування циліндрів відрив стрічки від нижнього циліндра буде відбуватися трохи раніше, ніж від верхнього.

Слід зазначити, що зусилля й характер відділення продрукованої паперової стрічки суттєво залежать від площі й розташування друкуючих елементів на кожній формі, а також від в'язкості фарби й ступеню проклейки паперового полотна. Сам процес виводу стрічки з контактної зони супроводжується характерним тріском через інтенсивний розрив барвистих шарів.

Варіант побудови циліндрів за принципом «гума до гуми» при лінійному розташуванні чотирьох секцій дозволяє одержати рулонну друкарську машину для виробництва акцидентної й книжково-журнальної продукції барвистістю 4/4 на одному полотні або 2/2 – на двох стрічках (рис. 2.6).

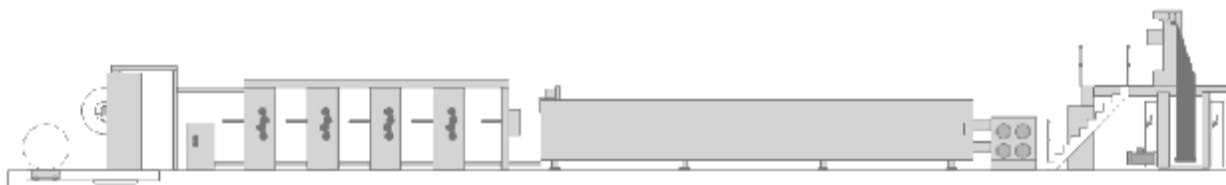


Рисунок 1.6 - Партерне розташування 4-х секцій I-подібної конфігурації

Агрегування Y-подібної й I-подібної секцій значно розширює діапазон барвистості друкованої продукції (рис. 1.7).

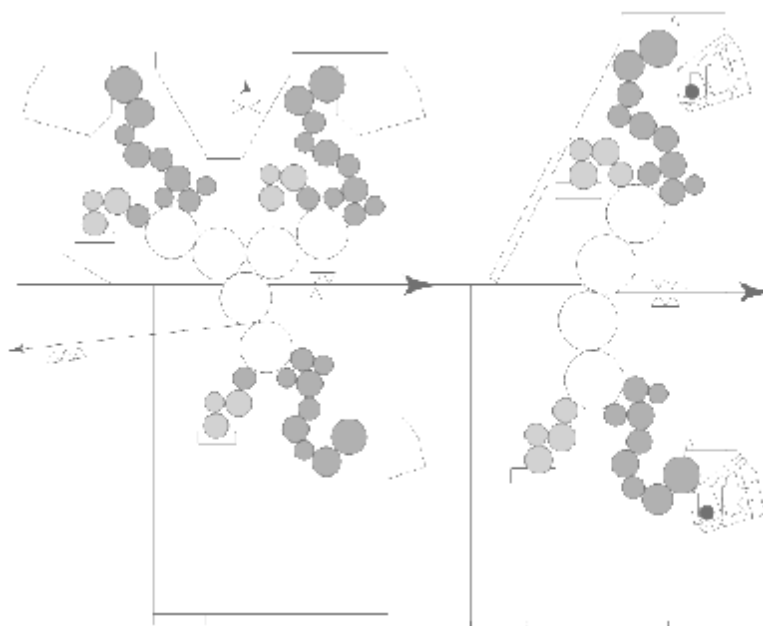


Рисунок 1.7 - Варіант агрегування друкарських секцій Y-подібної й I-подібної конфігурації

Для збільшення експлуатаційних можливостей рулонних машин типового ряду Comраста вони можуть оснащуватися додатковою п'ятою секцією I-подібної побудови, призначеною для організації друку змінного тиражного завдання по ходу роботи друкарської машини. На рисунку 1.8



показаний варіант такого оснащення, коли перші дві секції, заправлені чорною фарбою, призначені для друкування тексту різного тиражного завдання. Одна із цих секцій (перша) перебуває в режимі очікування, а чотири інші секції із традиційним фарбовим оснащенням виконують друк, наприклад, каталогу сучасних автомобілів барвистістю 4/4. На першій друкарській секції встановлені друк-форми на іншій мові, наприклад, на німецькій. Текст форм цієї секції відформатований стосовно до сюжету каталогу. Після того, як буде виконано тиражне завдання для каталогу англійською мовою, друга друкарська секція по ходу роботи машини відключається, а перша секція одночасно включається для друкування каталогу німецькою мовою з тими ж малюнками. Оснащення кожної друкарської секції індивідуальними двигунами, керування якими підпорядковане електронному (віртуальному) валу, забезпечує оптимальний режим плавного розгону і гальмування кожної секції з мінімальними втратами на макулатуру.

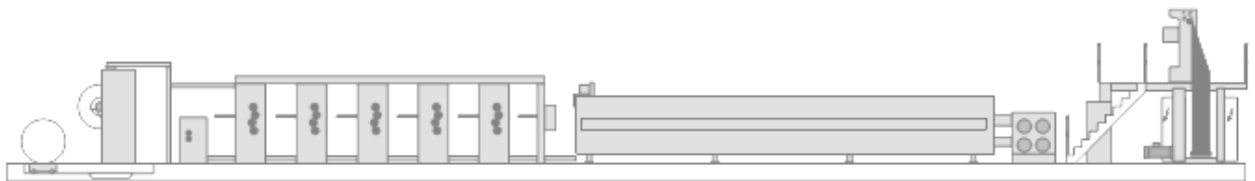


Рисунок 1.8 - Варіант 5-секційної побудови друкарської машини

Ярусна побудова друкарських машин суттєво заощаджує площу, але збільшує габарити комплексу по висоті, створює додаткове навантаження на фундамент та утрудняє обслуговування.

Основна базова машина в цьому випадку оснащується двома двопроменевими рулонними зарядками для одночасної подачі двох стрічок (один з варіантів) у верхні й нижні друкарські секції, що збільшує вдвічі продуктивність друкарського комплексу (рис. 1.9).

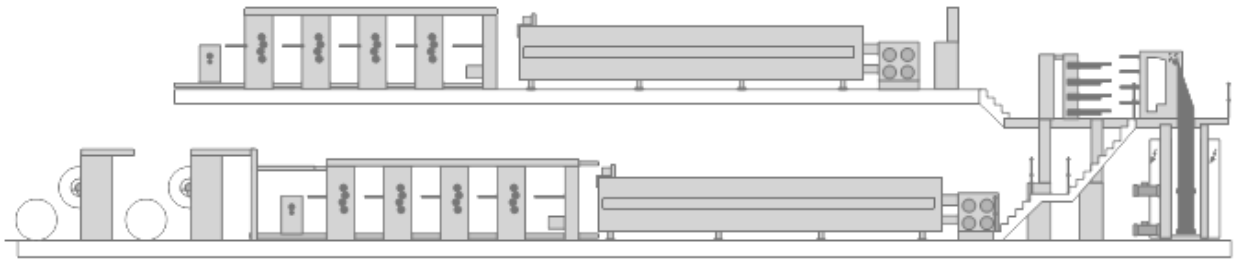


Рисунок 1.9 - Ярусна побудова двох друкарських машин

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз сучасних технологій друку

Існує широкий спектр технологій, що використовуються для друку журналів, книг, газет, канцтоварів, плакатів, упаковки та іншої поліграфічної продукції. Основними видами промислової поліграфії є:

- Офсетна літографія
- Флексографія
- Цифровий друк: струменевий та ксерографічний
- Глибокий друк
- Трафаретний друк

Додаткові методи друку були розроблені для дуже конкретних застосувань. Сюди входять друк флоком, високий друк, глибокий друк, тамподрук та термографія.

#### **Офсетний друк**

В офсетній літографії друкарська форма, яка найчастіше виготовляється з алюмінію, містить зображення, яке потрібно надрукувати. Коли пластинка зафарбована, то лише ця частина зображення буде містити чорнило. Потім це надруковане зображення переноситься (або зміщується) з пластини на гумову ковдру, а потім на друкуючу поверхню. Цей процес можна використовувати для друку на папері, картоні, пластику чи інших матеріалах, але вони повинні мати рівну поверхню.

Нижче наведено зображення 4-кольорового друкарського верстата. На дальньому кінці знаходиться забір, де окремі аркуші паперу автоматично подаються в прес. На 4 друкарських одиницях друкується один колір, як правило, чорний друкується першим, а потім блакитний, пурпуровий та жовтий. Стег надрукованих аркушів видно на лицьовій стороні машини, під пресовою консоллю та монітором, якими оператор преси керує пресом.

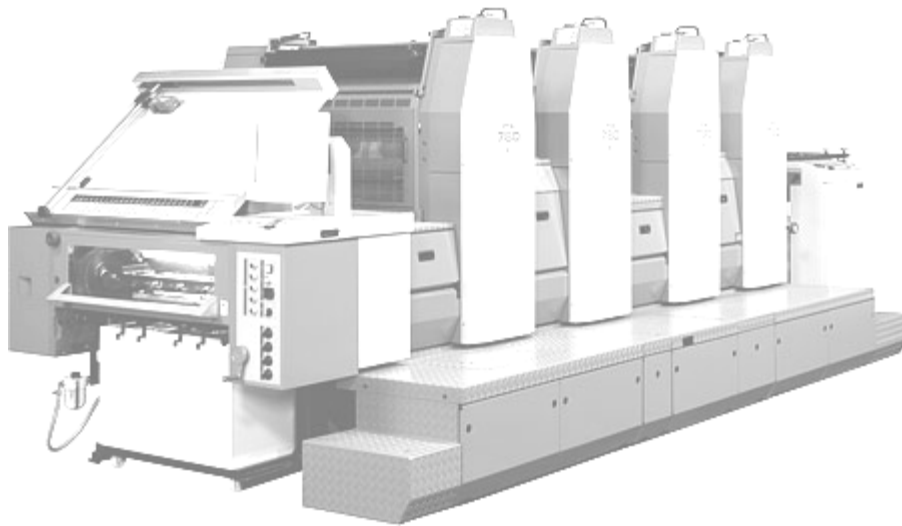


Рисунок 2.1 – 4-кольорова друкарська машина

Для великих обсягів роботи офсетних пресів використовують рулони паперу. На малюнку нижче показано набагато більшу друкарську машину, яка працює на високій швидкості, що друкований папір потрібно примусово сушити. Чорна одиниця в кінці преса - це піч.

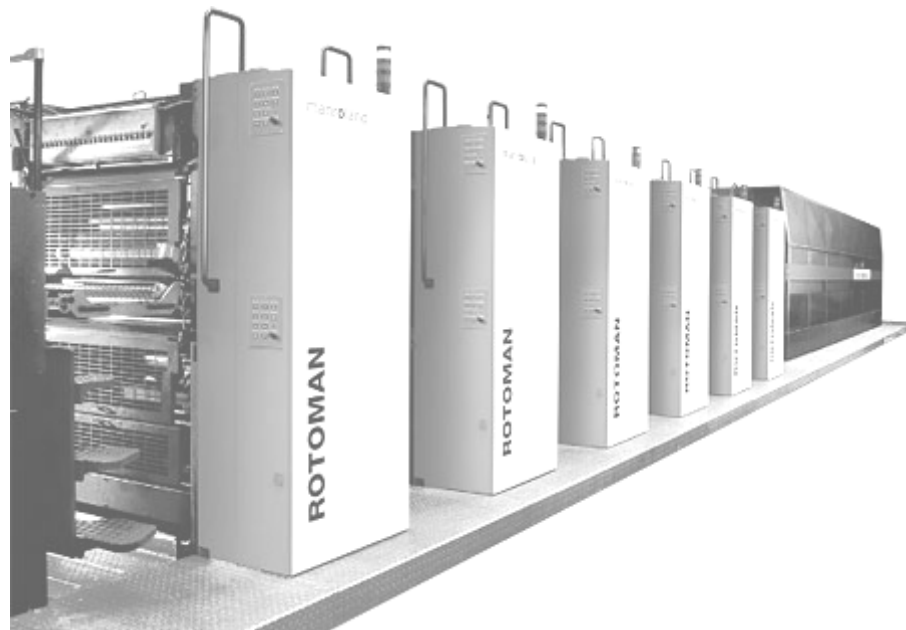


Рисунок 2.2 – Високошвидкісна друкарська машина Rotoman

На сьогоднішній день офсет є найбільш широко застосовуваною технікою друку для широкого асортименту товарів, таких як книги, газети, канцелярські товари, гофрована дошка, плакати тощо.

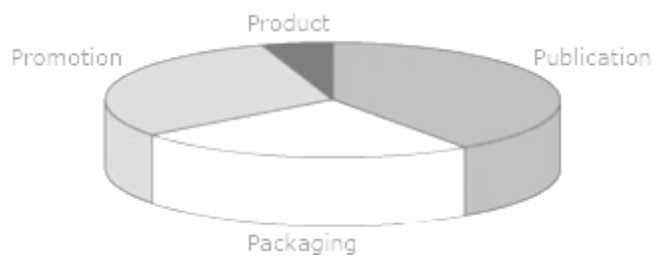


Рисунок 2.3 – Розподіл замовлень офсетного друку

Існує тенденція до того, що рекламний матеріал для друку поступово переходить на цифровий друк, тоді як частина друку на упаковці переходить на флексографію.

У флексографії вміст, який потрібно надрукувати, знаходиться на рельєфі друкарської форми, яка виготовлена з гуми. Цю пластину зафарбовують фарбою, і це зображення переноситься на поверхню друку. Цей процес можна використовувати для друку на папері, а також на пластмасах, металах, целофані та інших матеріалах. Флексо в основному використовується для упаковки та етикеток, також меншою мірою для газет.

Деякі види друку на упаковці виконуються не на флексографії а на цифрових машинах.

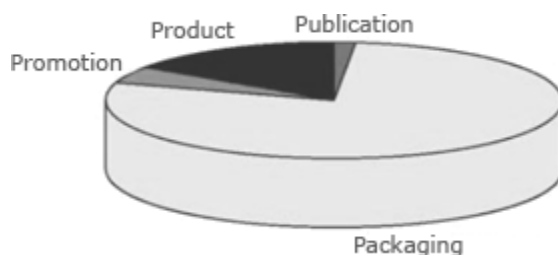


Рисунок 2.4 – Розподіл замовлень флексографії

**Цифровий друк** може здійснюватися різними способами. У галузі домінують дві технології: струменевий друк і ксерографія.

**Струменевий друк.** У струменевому принтері зображення, яке потрібно надрукувати, створюється невеликими крапельками чорнила, що витісняються із сопел однієї або декількох друкуючих головок. Струменеві пристрої можуть друкувати на широкому діапазоні підкладок, таких як папір,

пластик, полотно або навіть двері та підлогова плитка. Струменевий друк багато використовується для плакатів та вивісок. Це також економічно для короткочасних видань, таких як фотокниги або невеликі серії книг. Вбудовані струменеві принтери іноді поєднують з іншими видами пресів для друку змінних даних, таких як поштові адреси на прямих поштових відправленнях. Нижче наведено друк HP PageWide C500, призначений для друку на гофрованому картоні.

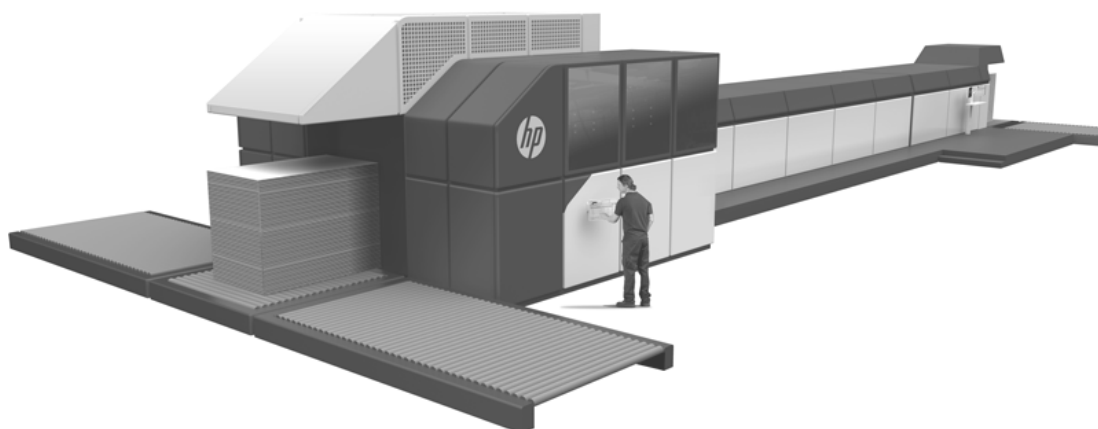


Рисунок 2.5 – Друкарня HP PageWide C500

**Ксерографія.** У ксерографічних принтерах, таких як лазерні, зображення, яке потрібно надрукувати, формується шляхом вибіркового подання заряду на металевий циліндр, який називається барабаном. Електричний заряд використовується для залучення частинок тонера. Ці частинки переносяться на носій, на якому друкується. Щоб тонер був зафіксований належним чином, основа проходить через термофіксатор, який розплавляє тонер у середовищі. Лазерні принтери використовуються не лише в офісах, а й для невеликого тиражу книг, брошур та інших типів документів. Ці принтери також використовуються для транзакційного друку (рахунки, банківські документи тощо) та прямої пошти.

Цифровий друк все частіше використовується для завдань друку, які раніше друкували офсетним, флексографічним або трафаретним друком.

· Під час короткочасного малоформатного друку (розмір А3) цифровий друк бере на себе зміщення як для кольорового, так і для чорно-білого друку. Швидкі принтери та копіювальні магазини друкують цифровим способом на пресах від таких постачальників, як Xerox, HP, Canon та Konica Minolta.

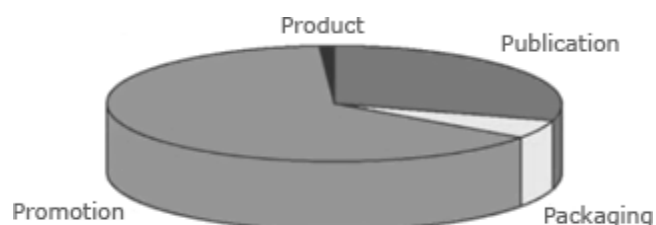


Рисунок 2.6 – Розподіл замовлень ксерографії

- Етикетки також все частіше друкуються цифровим способом.
- Білборди та роботи в місцях продажу чи купівлі здійснюються за допомогою широкоформатних струменевих пристроїв.
- Існує широкий вибір малоформатних принтерів, що використовуються для друку на футлярах для телефонів, кружках та інших виробках.
- У книгодрукуванні видавничі компанії починають більше покладатися на друк на вимогу. Книжкова машина еспресо, зображена нижче, добре підходить для цієї роботи.



Рисунок 2.7 – Книжкова машина еспресо

Існує ряд інших процесів цифрового друку, орієнтованих на конкретні ринкові ніші:

- Сублимація барвника - це процес друку, при якому тепло використовується для перенесення барвника на основу. Принтери для фарбування в основному використовуються для друку на текстилі, для проб та виготовлення фотодруків. Деякі принтери можуть друкувати на різних матеріалах, таких як папір, пластик та тканина.

- У процесі прямого термічного друку тепло використовується для зміни кольору спеціального покриття, нанесеного на папір. Цей процес використовується в касових апаратах, а також для додавання маркування, наприклад, серійних номерів, до товарів. Для цього використовується прозора фарба, яка змінює колір, коли лазер подає на неї тепло.

- У процесі друку з термопереносом чорнила тепло використовується для розплавлення друку на стрічці та на підкладці. Він використовується в деяких засобах захисту, але, схоже, поступово зникає з ринку.

### **Глибокий друк**

Також відомий як ротогравюра - це технологія, при якій зображення гравірується у друкарський циліндр. Цей циліндр фарбується і це чорнило згодом переноситься на папір. Глибокий друк використовується для великих обсягів робіт, таких як газети, журнали та упаковка.

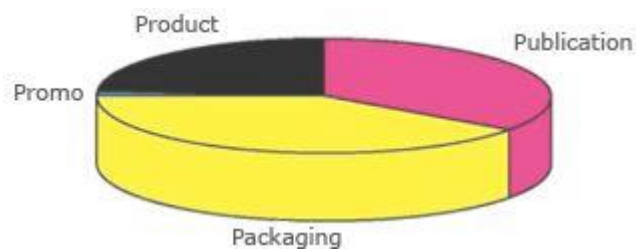


Рисунок 2.8 – Розподіл замовлень глибокого друку



Глибокий друк (Gravure) поступово втрачає частку ринку, що компенсується друком публікацій та флексо-друком для упаковки.

**Трафаретний друк.** Як випливає з назви, ця техніка друку спирається на трафарет (екран), який є шматком тканини. Певні ділянки цієї сітки покриті непроникним матеріалом. На решті відкритих просторів чорнило можна проштовхувати через сітку на основу. Перевага трафаретного друку полягає в тому, що поверхня одержувача не повинна бути рівною і що чорнило може прилипати до широкого спектру матеріалів, таких як папір, текстиль, скло, кераміка, дерево та метал.

На зображенні нижче показано трафаретний друкарський верстат, який використовується для друку на футболках.

Все частіше трафаретний друк змінюється цифровим.



Рисунок 2.9 – Верстат трафаретного друку

## 2.2 Основи офсетного друку

Офсетний прес був випадково винайдений Іром Рубель, власником паперової фабрики в Нью-Джерсі, на початку 20 століття. Він використовував літографічний кам'яний прес для друку банківських депозитів, і його оператори преси час від часу пропускали аркуш, змушуючи пресу друкувати зображення на гумовій поверхні відбивного ролика. Отже, наступна сторінка, яка подається в пресу, друкується з обох сторін: з одного боку зображенням з літографічного каменю, а з іншого боку - чорнилом із гумової ковдри відбивного ролика. Рубель помітив, що зображення, передане ковдрою, було чіткішим і гострішим, ніж зображення, передане кам'яною плитою. Він об'єднав зусилля з іншим принтером, щоб створити прес, який завжди переносив зображення спочатку на гумовий ковдру, а потім мав його «змістити» на аркуші паперу.

Офсетний друк є домінуючою технікою промислового друку - використовується для друку широкого спектра товарів, таких як листівки, канцелярські товари, листівки, брошури, журнали та книги. Його також можна використовувати для упаковки, наприклад коробки або коробки. Ця сторінка містить додаткову інформацію про цю техніку.

Повна назва процесу офсетного друку - офсетна літографія. Обидва терміни описують власну частину процесу:

Літографія - це процес друку, при якому область зображення та макет зображення не співіснують на одній площині. Це означає, що поверхня, з якої проводиться друк, повністю рівна. Це можливо через дуже корисний хімічний принцип: фарба для офсетного друку є маслянистою речовиною, що означає, що вона відштовхує воду. Якщо можете створити поверхню, на якій деякі частини містять тонкий шар води, ці ділянки відштовхують чорнило. Зони зображення повинні бути ліпофільними (або олеофільними) - вони приймають чорнило - тоді як недруковані ділянки повинні бути гідрофільними - вони відштовхують масло і сприйнятливі до води. Деякі

офсетні літопреси не використовують систему зволоження на водній основі, замість цього використовуйте друкарські форми, на яких силіконовий шар відбиває чорнило. Вони називаються сухими офсетними або безводними офсетними пресами.

Офсет стосується того, що зображення не переноситься з літографічної друкарської форми на аркуш паперу. Натомість надруковане зображення переноситься (або зміщується) з друкуючої поверхні на гумову "ковдру", а потім на друкуючу поверхню. Цей процес можна використовувати для друку на папері, картоні, пластику чи інших матеріалах, але вони повинні мати рівну поверхню.

Листовий офсетний прес складається з наступних компонентів:

**Система контролю аркуша.** Цей механізм передає аркуші паперу, на які буде надруковано зображення, через прес.

У **секції подачі** аркуші забираються з купи паперу. Стопка аркушів розміщується на регульованому ворсовому столі. Струмені повітря та/або вакуум забезпечують, щоб механізм подачі щоразу забирал лише один аркуш паперу. Потім цей аркуш переноситься на подачу, де він правильно розміщений перед передачею на друкарський блок.

У розділі подачі кожен аркуш паперу переноситься на захоплювачі на відбивному циліндрі.

Якщо прес має декілька друкувальних блоків, секція передачі забезпечує переміщення аркуша до наступного відбиваючого циліндра. Зазвичай це робиться за допомогою певного ланцюгового механізму.

Після того, як надрукований аркуш покине кінцевий відбиваючий циліндр, секція доставки переносить аркуш до купи накопичення. Це стіл, на якому надруковані аркуші складаються в стопку.

Одна або кілька **друкувальних одиниць**. Блок друку містить усе необхідне для друку одного кольору на аркуші паперу, який переміщується системою управління аркушами. Офсетні преси зазвичай містять від 1 до 10 друкарських одиниць. Одноколірний прес, очевидно, містить єдину одиницю

для перенесення чорнила на одну сторону аркуша друку. Для друку на іншій стороні потрібно почекати, поки фарба висохне, потім перевернути купу паперу на 180 градусів і надрукувати на іншій стороні. На пресі з 4 друкарськими блоками можна друкувати повнокольоровий текст та зображення за допомогою блакитного, пурпурового, жовтого та чорного чорнила. Часто для лаку додають п'яту друкарську одиницю або, можливо, спеціальну металеву фарбу або щось подібне. Такий прес із 5 одиницями все одно друкує лише на одній стороні паперу. Додавши реверсивний циліндр і ще 5 друкарських одиниць, виходить дуже довга і дорога друкарня з 10 друкарськими одиницями, які можуть друкувати до 5 кольорів з обох сторін аркуша. Такий прес, який друкує з обох сторін аркуша одночасно, називається конвертованим перфатором. Блок друку складається з таких компонентів:

**Система фарбування.** Чорнильний фонтан - це резервуар, який вміщує чорнило. Офсетні чорнила - це не рідкі чорнила, вони більше схожі на різновид густої пасти. З чорнильного фонтану цю фарбу потрібно перенести на друкарську форму або циліндр. Звідти це чорнило буде перенесено на папір або іншу підкладку. За цю передачу відповідає система фарбування. Потрібно розбити товсту в'язку фарбу на більш тонку, працездатну та однорідну чорнильну плівку. Це робиться за допомогою набору роликів. Преси можуть мати до 10 (або навіть більше) роликів у своєму роликовому поїзді. Кількість чорнила зазвичай контролюється за допомогою так званих клавів фонтану, які контролюють зазор між чорнильним фонтаном і першим валиком. Чим ширше відкривається цей зазор, тим більше чорнила може набрати валик. Управління цим зазором здійснюється вручну за допомогою гвинта на деяких пресах, але сьогодні ці клавіві часто моторизовані. Клавіві фонтану вибудовуються послідовно по всій ширині чорнильного фонтану, щоб більше чорнила можна було перенести в ліву частину сторінки, якщо на тій стороні паперу є більше зображень або суцільних відтінків. У деяких пресах не використовуються клавіві для фонтану: вони періодично занурюють перший рулон дуктора в чорнильний фонтан і контролюють

кількість чорнила, що набирається, за тривалістю цього занурення. Система фарбування забезпечує, щоб тонкий шар чорнила, що має товщину зазвичай від 0,2 до 0,4 мм, переноситься на друкарську форму.

**Система зволоження.** Система зволоження забезпечує зволоження недрукованих ділянок друкарської форми, щоб вони відштовхували чорнило. В основному це робиться з використанням води, але добавки потрібні для тривалих тиражів, щоб покращити відбивання фарби, знизити поверхневий натяг, десенсибілізувати ділянки пластин, що не відображаються, і переконатися, що корозія, цвіль, роси, бактерії та грибки не викликають проблем. Тому у воду розчину фонтану додають камедь, спирт, фунгіцид та інші засоби. Щоб переконатися, що рівномірний шар води нанесений на недруковані частини друкарської форми, використовується механізм, подібний системі фарбування. Однак система зволоження менш складна і вимагає меншої кількості роликів.

**Офсетний циліндр** - це великий рулон, до якого прикріплена друкарська пластина. Пластина зазвичай виготовляється з алюмінію. Його частини, що не мають зображення, будуть покриті тонким шаром води, який наноситься системою зволоження. Це означає, що чорнило, яке подається системою фарбування, буде прилипати лише до всіх інших областей. Під час друку це зображення, створене чорнилом, переноситься на гумову «ковдру», яка прикріплена до офсетного циліндра. Звідти зображення передається на прес-аркуш. Відбивний циліндр проводить папір через друкарський пристрій і забезпечує тверду підкладку, на якій «ковдра» здійснює відбиття зображення на папері. Не всі преси використовують відбивні циліндри: є, наприклад, вдосконалюючі преси, які друкують принципом «ковдру до ковдри» (гума до гуми) а відбивний циліндр замінюється другим офсетним.

Офсетні преси швидкі, можуть друкувати до 18000 аркушів на годину. Такий аркуш може містити до 48 сторінок формату A4 або Letter. Найбільш поширеними є преси, які можуть друкувати 8 сторінок за один раз на прес-

аркуші. Це означає, що такий прес, який працює зі швидкістю 15000 аркушів на годину, може друкувати до 120000 сторінок на годину.

Залежно від вмісту сторінки, вимог до якості та багатьох інших параметрів преси не обов'язково працюють на повній швидкості. Одним з ключових параметрів є швидкість, з якою фарби сохнуть.

Преси також не працюють весь час - при переході на інший набір сторінок, які потрібно надрукувати, друкарські форми потрібно замінити, а спочатку надрукуйте ряд сторінок, щоб перевірити, чи оптимальна якість. Це називається часом налаштування або складання. Він може становити від 3 хвилин до 15 хвилин, залежно від складності роботи та рівня автоматизації преса. На одноколірній пресі перехід на друк іншого кольору включає повне очищення системи фарбування, що є досить великою роботою!

### 2.3 Технологія офсетного друку

Хоча принцип офсетного друку однаковий для листового та аркушевого друку, обробка аркушів та котушок значно відрізняється. Опишемо процеси офсетного друку.

Основним принципом друку є взаємне відштовхування жиру та води. Друкарська форма складається з частин, що сприймають воду, та частин, які сприймають чорнило. Друковане зображення саме сприймає чорнило; недруковані деталі сприймають воду.



Рисунок 2.10 - Забарвлення друкарської форми

З кожним обертом друкарська пластина пропускає спочатку демпферні ролики, які подають воду на недруковані ділянки пластини. Наявність води означає, що ці ділянки не можуть приймати чорнило. Тепер пластинка пропускає чорнильні валики, які наносять чорнило на водостійкі ділянки пластини.

Чорнильні зображення переносяться з друкарської форми за допомогою барвникового апарату (фарбові ролики) на формуючий циліндр, поверхня якого зроблена з гуми. Формуючий циліндр передає зображення на папір - цикл повторюється з кожним обертом на свіжий папір або нову ділянку полотна.

Повнокольоровий друк передбачає на одному папері надрукування чотири рази, кожен з різним кольором на окремому друкарському блоці.

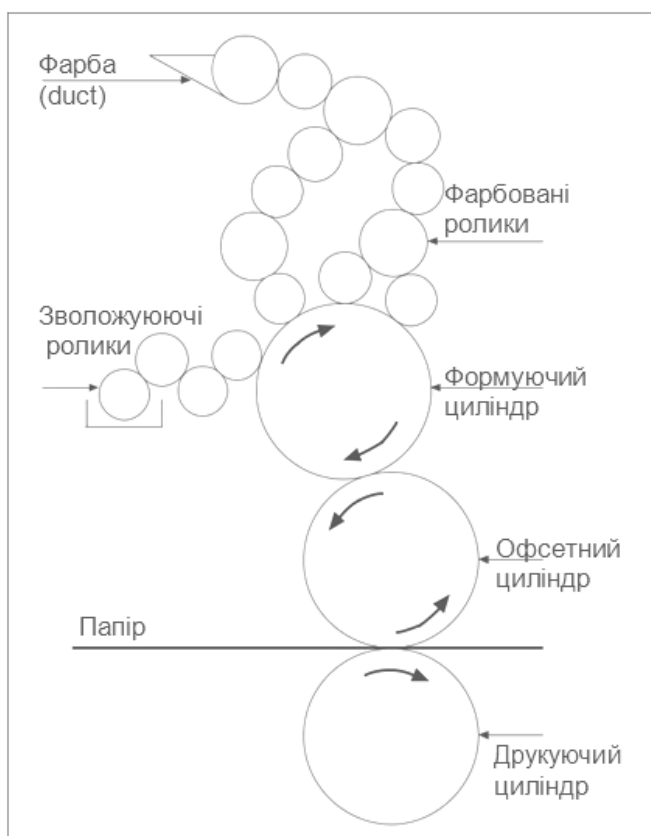


Рисунок 2.11 - Схема офсетного друку

На рисунку 2.11 подано ескіз листового преса, який показує послідовність чотирьох одноколірних друкарських блоків з їх основними компонентами:

- чорнильний контейнер із чорнильними валиками,
- контейнер для зволоження з демпферуючими роликами,
- пластинчастий формуючий циліндр,
- офсетний та друкуючий (циліндр для відбиття) циліндри.

Для того, щоб мати можливість друкувати, потрібно спочатку підготувати зображення. Зображення можуть надходити до відділу додрукарської підготовки у різних формах - наприклад, на USB-накопичувачі або через Internet. У відділі додрукарської підготовки зображення перевіряються та редагуються. Розмітка сторінки здійснюється за допомогою комп'ютера та спеціалізованого програмного забезпечення.

Далі відбувається підготовка друкарської форми. З центрального складу піддон паперу переміщується до преса. Як правило папір має розмір готовий до друку. Папір розгортається лише безпосередньо перед друком - щоб мінімізувати вплив зміни вологості. А етикетка на піддоні зберігається для довідки. Вкладки для підрахунку корисні для оцінки кількості друку, але їх слід обережно видалити, щоб уникнути потрапляння в прес, де вони можуть спричинити пошкодження покриття офсетного циліндра.

Підготовлений піддон тепер вивозять на прес і піднімають на місце. Преси, як правило, можна налаштувати відповідно до розмірів декількох листів та піддонів. Сучасні преси роблять це автоматично.

Будова листового преса. Листовий прес складається з трьох основних частин: система подачі, друкарська секція та системи доставки. Система подачі та прокладки гарантує, що листи подаються в прес по одному в абсолютно однаковому положенні.

Кожна друкарська секція містить пластинчастий циліндр (формуючий циліндр), ємність з чорнилом та демпфуючі ролики, офсетний циліндр та відтискний циліндр. Кожна одиниця друкує один колір лише на одній стороні паперу.





Рисунок 2.12 - Блок друку з друкованим аркушем на відбитковому циліндрі:

1- пластинчастий циліндр; 2- циліндр ковдри; 3- відбитковий циліндр з друкованим аркушем

У 4-кольоровій пресі всі 4 одиниці потрібні для створення різнокольорового зображення на одній стороні паперу. Існують також преси з понад 4 одиницями, навіть до 8 одиниць і більше. 8-або 12-кольорова преса може друкувати обидві сторони паперу за один прохід за допомогою вдосконалюючого циліндра між 4-м і 5-м або 6-м та 7-м блоками, який повторно вирівнює папір з другої сторони.

Нарешті, система доставки отримує аркуші з преси і складає їх в купу на борту доставки.

Листовий транспорт. Кожен аркуш повинен бути надрукований ідеально та послідовно протягом усього тиражу. Для початку дуже важливо подавати аркуші в прес по одному. У пристрої для подачі використовуються повітряно-струменеві та всмоктувальні пристрої, щоб відокремити одинарні листи від стопи, коли вони переходять у прес.

Кожен лист обдувається спереду та з боків, перш ніж його піднімуть присоски і перенесуть на стіл подачі. На сучасних пресах іонізоване повітря використовується, щоб уникнути проблем зі статичною електрикою.

Подвійні детектори листа допомагають уникнути застрягань, вимірюючи товщину листа. Вони автоматично опускаються на кожен аркуш і зупиняють подачу паперу, якщо виявлено їхня подвійна підпка.



Рисунок 2.13 - Детектор аркуша

Життєво важливо, щоб кожен аркуш був правильно розміщений вздовж та впоперек. Щоб аркуші не друкувались криво, вони повинні сидіти коректно, переднім краєм торкаючись двох передніх шарів. Фотоелементи сканують передній край аркуша і зупиняють подачу паперу, якщо він подається некоректно. Відповідні бічні прокладки витягують кожен аркуш убік в абсолютно однакове положення, щоб забезпечити ідеальний реєстр кожного друкованого зображення.

Згодом захоплювачі – переважно механічні «пальці» - транспортують аркуш у перший друкарський блок, який зазвичай друкується чорним кольором, використовуючи послідовність змочування, фарбування, «ковдри» та відбивного циліндра, про яку вже пояснювали раніше.

Потім подальші захоплювачі переміщують аркуш до додаткових одиниць друку, як потрібно, у послідовності: блакитний, потім пурпуровий і нарешті жовтий. Ці чотири кольори, надруковані маленькими точками поруч один з одним, створюють цілісне багатобарвне друковане зображення.

Всі таблички повинні бути в точному реєстрі, щоб зображення кожного окремого кольору знаходилося в точно такому ж положенні на аркуші. Кожна пластина має отвори для реєстрації, щоб точно і послідовно знаходити її як на машинах, де вона спочатку виготовлена, так і на друкарському верстаті. Це забезпечує точний реєстр у пресі.



Рисунок 2.14 – Автоматичне кріплення пластини

Комп'ютер для пресу.

Сучасні преси також можуть бути оснащені технологією комп'ютера для друку, яка не потребує друкарських форм. Комп'ютер передає зображення безпосередньо в спеціальний циліндр для друку. Частина цих машин може друкувати без води, що означає без змочування друкарської форми.

Реєстрація позиції. Тепер прес готовий до друку першого друку, і принтер негайно починає вносити корекції кольорів та реєстру. Він продовжує коригувати та коригувати, поки не буде досягнутий бажаний оптимальний результат друку.

Незважаючи на те, що пластини встановлені дуже точно на реєстраційних штифтах, вони все одно можуть потребувати точного регулювання, щоб бути ідеально вирівняними.

На рисунку 2,15 показаний збільшений позареєстраційний аркуш із чотирма кольорами, які явно не вибудовані належним чином. Після налаштування кольори друкуються в однаковому положенні, і зображення стає чітким.



Рисунок 2.15 – Результат зміщення реєстру

Щоб виправити зображення, де кольори знаходяться далеко один від одного, принтер використовує так звані реєстрові позначки (маркери) для корекції положень таблички, поки реєстрові позначки не з'являться правильно.

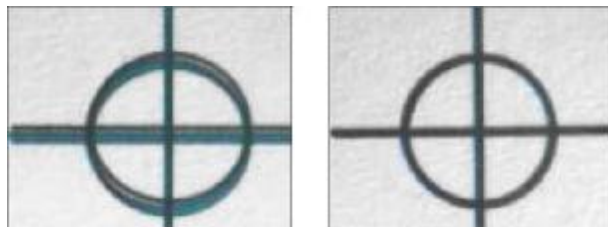


Рисунок 2.16 – Контрольні маркери реєстру

Контроль кольору здійснюється за допомогою денситометра або сканера для вимірювання контрольної смуги (рис.2.17). Результати вимірювання для кожного кольору підказують принтеру, чи слід подавати більше або менше чорнил у певній області.



Рисунок 2.17 – Денситометр

Друк повинен максимально відповідати оригіналу або фіксованим системним даним. Зразки друкуються та аналізуються на основі вихідних даних. Шляхом тонкої настройки подачі чорнила результати повинні наближатися до цієї кольорової моделі. Потім налаштування можна зберігати в інтегрованому програмному забезпеченні або записувати на комп'ютерні стрічки для оптимального тиражу та повторного друку.

Як тільки відбитки коректно збігаються з оригіналом і кольори ідеально реєструються, починається справжній тираж. Однак оператор пресу постійно бере зразки аркушів, щоб контролювати і підтримувати постійний колір та реєструватися протягом усього циклу.



Рисунок 2.18 – Операційна контрольна консоль листового преса

Друковані аркуші складаються відповідно до необхідного кінцевого результату на фальцевальному автоматі в окремій зоні фінішної обробки, в даному випадку на трискладовій одиниці, готовій до збирання на сторінках публікації.

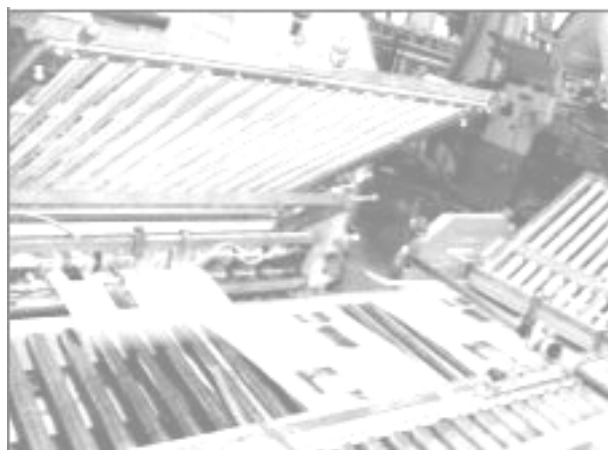


Рисунок 2.19 – Складальна (фальцювальна) машина

Хоча перенесення друку на папір дотримується абсолютно однакових принципів як у листових, так і в барабанних пресах, макет офсетного друкарського преса із терморектора сильно відрізняється від листового преса.

Офсетний прес із тепловим набором зазвичай складається з чотирьох друкувальних блоків, на яких можна надрукувати 16 сторінок формату А4. Існує також багато друкарських машин на 24 і 32 сторінки, і тенденція до ще більших друкарських верстатів, які можуть друкувати 48 і навіть 64 сторінки.



Рисунок 2.20 – Повноольорова рулонна машина з термонагрівачем

Папір повинен подаватися в прес через катушку. Зрощувач дозволяє пресу працювати без зупинок на високій швидкості, оскільки послідовні катушки розмотуються і зрошуються, а "павутина" паперу підтримується із необхідним натягом.

Як і у випадку з листовими блоками паперу, катушки зберігаються на складі до безпосереднього початку передбачуваного завдання друку на пресі, щоб вони залишались у найкращому стані.

Направляюча кромки полотна направляє паперову тканину, щоб вона залишалася у правильному положенні. Система працює з оптичним механізмом наведення, який тримає катушку в центрі. Наступна зрошена катушка автоматично запускається, коли на решті катушки залишається заздалегідь визначена кількість паперу. Подача виробляє необхідне полотно натягу через друкарські затискачі аж до підставки для охолодження.

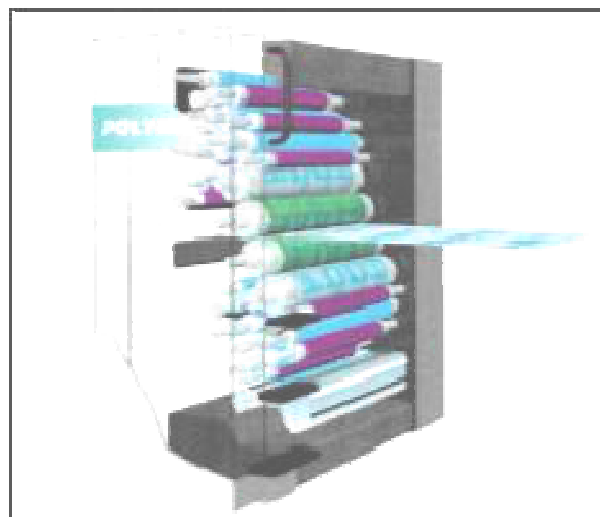


Рисунок 2.21 – Двосторонній друк у друкарському пристрої

Нагрівний набір паперового полотна

Фарби, що нагріваються, висихають випаровуванням в'язучих речовин у чорнилі, і для цього друкована тканина нагрівається гарячим повітрям у

сушильній печі. Ця піч складається з декількох відділень, кожна з яких має свою температуру.

Зазвичай у першому відсіку є найвища температура, причому в кожному наступному відсіку температура поступово знижується. Кінцева температура полотна при виході з печі, як правило, становить від 100 до 130 °С, залежно від якості паперу, граматики паперу та покриття чорнилом.

Випаровувані зв'язуючі речовини є шкідливими для навколишнього середовища і, отже, спалюються приблизно при 900° С в інтегрованій або окремій установці допалювання.

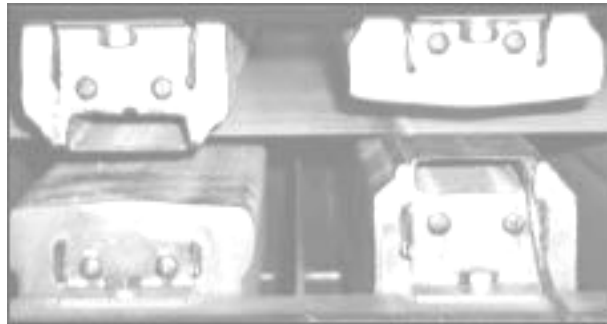


Рисунок 2.22 – Повітряна сушарка

Пухирці. Коли чорнило сохне, папір висихає. Якщо папір чутливий до пухирців або якщо температура сушіння занадто висока, в місцях із сильним покриттям чорнила може з'явитися блістер-кільце (пухирці).



Рисунок 2.23 – Пухирці на папері

Розрив складки і повторне зволоження



Коли папір висихає в духовці, волокна стають крихкими, роблячи папір чутливим до розриву на згині. Щоб уникнути цього та зберегти загальну міцність волокна, деякі преси мають спеціальні установки зволоження, які додають вологу паперу після того, як він виходить із секції сушіння і до того, як вона потрапляє в складну секцію.



Рисунок 2.24 – Розрив пересушеного паперу

#### Зменшення паперового полотна

Повторне зволоження також компенсує значною мірою або усадку, спричинену сушильною пічкою. Листи не мають цієї проблеми, оскільки вони не сушаться при високій температурі. Це особливо важливе питання, коли завдання на рулонах і аркушах обробляються разом, щоб отримати єдиний кінцевий продукт, такий як журнал, створюючи різницю в розмірі сторінки, якщо не виправити.



Рисунок 2.25 – Повторне зволоження

Охолоджувальні ролики використовуються для охолодження паперу та чорнила від температури тканини понад 100 ° С до приблизно 25-30 ° С. Різне зниження температури змушує чорнило осідати і робить його досить жорстким, щоб витримати зусилля, що застосовуються наступними напрямними валками та складальною машиною.



Рисунок 2.26 – Холодний валик

#### Силіконова аплікація

Коли павутина охолоне, тонкий шар силіконової води суміш наноситься з обох боків. Це утворює гладку поверхню та запобігає розмиванню чорнила в папці. а також запобігає появі статичної електрики. Однак надлишок силікона призведе до появи плям на друкованому зображенні.



Рисунок 2.27 – Силіконова аплікація

Консоль управління. Листові офсетні преси часто зупиняють під час своїх прогонів, щоб забезпечити невеликі коригування, але офсетні преси для полотна працюють на постійно високій швидкості, тому всі коригування потрібно виконувати під час роботи. Реєстр перевіряється стробоскопом, а монітори, керовані комп'ютером, дозволяють операторам точно налаштувати процес друку.

Мережеві офсетні преси останнього покоління досягають максимальної швидкості друку від 80.000 до 100.000 копій на годину, а більшість сучасних пресів складають в середньому 50.000 копій на годину.

Тому коригування потрібно проводити швидко, щоб мінімізувати втрати. Кількість роздрукованих відбитків до досягнення якості виготовлення варіюється від 3000 до 7000 залежно від надрукованого зображення та попереднього налаштування преса.

Після друку паперову тканину потрібно привести до розміру сторінки, готової до вирізання та палітурки.



Рисунок 2.28 – Операційна консоль офсетного друку

### Процес складання

Залежно від необхідного кінцевого продукту полотно може бути розділене на 2 окремі половини перед складанням. Направляючі направляють полотно відповідно до бажаного способу складання, а деякі конструкції

використовують стиснуту повітряну подушку, щоб запобігти пошкодженню друкованого зображення. Крім того, повну ширину паперу можна скласти нерозрізаним.

Першу складку зазвичай наносять на попередню папку, яка також використовує стиснене повітря.



Рисунок 2.29 – Складка паперу

Щоб полегшити складання, вузьку смужку води можна застосувати в так званому блоку пом'якшення. Друга складка - це, як правило, циліндрична складка, за якою слідує третя, або так звана вертолітна складка.

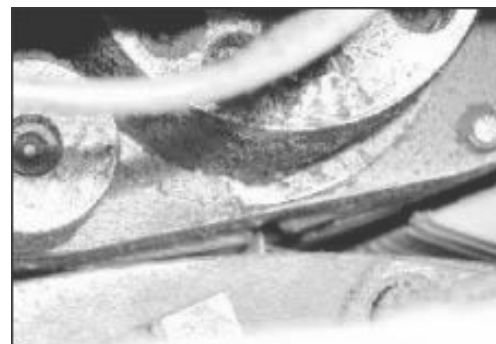


Рисунок 2.30 – Складання-пом'якшення та згин циліндром

Книги та журнали друкуються та підшиваються наборами по 8, 16, 32 або більше сторінок розміром DIN A4, що називаються "підписами" на жаргоні принтерів. Оскільки кожен лист друкується та складається, підписи

розкладаються частково внахлест на укладачі. Робота у штабелерів може виконуватися вручну або напівавтоматичним процесом.



Рисунок 2.31 – Укладальник

Виробники друкарських верстатів пропонують безліч різних макетів складання. Але іноді кількість комбінацій обмежена або вага паперу занадто великий для необхідного складання. Для офсетного друку на більш високих матеріалах на нагрівальному полотні преси повинні мати листову установку, яка після друку розрізає паперове полотно на аркуші. Потім ці листи складають на окремій фальцевальній машині.

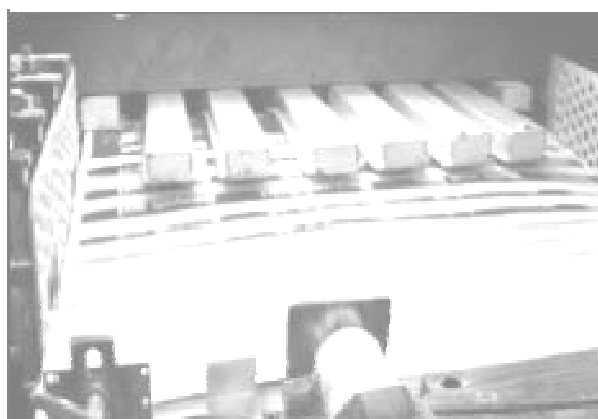


Рисунок 2.32 – Шитер

Незалежно від того, чи складаються «підписи» з пресів, що подаються на катушці або на аркушах, останній крок однаковий: збирач швів збирає різні «підписи» у правильній послідовності з титульним аркушем, якщо потрібно, для створення готової публікації. Потім кожен зібраний набір сторінок зшивається або склеюється і вирізається до остаточного розміру.



Рисунок 2.33 – Зшивач

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Опис будови та принципу роботи друкарської секції

#### 3.1.1 Огляд друкарської лінії

Рулонна офсетна друкарська секція типу Comrasta 215 призначена для акцидентного друку. Офсетний циліндр і формовий циліндр виконані з співвідношенням діаметрів 1:1. Одностороннє друкування та друкування на зворотному боці виробляються одночасно двома друкарськими секціями. Паперове полотно пропускається через друкарські секції горизонтально. Папір має бути з двостороннім крейдуванням і придатною для друку фарбами гарячого закріплення.

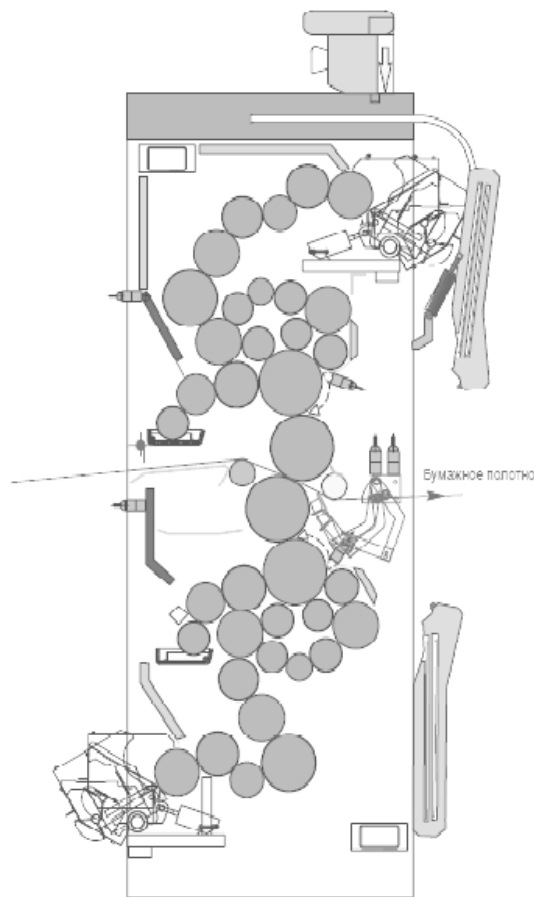


Рисунок 3.1 - Схема друкарської секції з імпрінтерною функцією.

Друкарська секція машини типу Comrasta 215 має всі передумови для простої а, отже, економічної зміни друкування. Завдяки імпрінтерній

функції є можливість виконання одностороннього і двостороннього друкування при зміні без зупинки.

Друкарська секція оснащена індивідуальним приводом. Управління серводвигунами змінного струму агрегатів здійснюється по децентралізованій схемою "КВА-Drivetronic". Точне по кутовому положенню число оборотів віртуальної основної осі передається всім регулюючим приладів по світловода.

Індивідуальний привід забезпечує можливість електро-привідного позиціонування циліндрів для наладки. Розкатні циліндри приводяться від редуктора друкарської секції. Індивідуальними приводами здійснюється управління швидкістю редукторного валика і редуктор зволожуючого апарату. Схему управління кожного приводу можна відрегулювати в центральному пульті управління.

Перевантаження має місце, якщо в приводу друкарської секції чинний момент складає більше 130% номінального обертального моменту або спрацьовує схема контролю волочиння.

При перевантаженні:

- відключається момент з відповідного приводу,
- у відповідній друкарській секції активуються команди "Вимкнення натиску "і" Вимкнення офсетних функцій ",
- активується наперед включений рубаючий ніж,
- через схему "Стоп" зупиняються інші приводи у виробничій схемі.

За допомогою пристрою для автоматичної зміни формних пластин виробляється установка нових і зняття старих формних пластин.

Скорочений до мінімуму натяжна зазор на формовому і офсетному циліндрах забезпечує можливість зменшення периметра, що сприяє скороченню витрати паперу і підвищення якості друку, оскільки виключаються небажані вібрації при високих швидкостях друкування.

У положеннях натиск вкл. /викл. офсетні циліндри переміщуються в ексцентрикових опорах. Жорсткі на вигин цапфи циліндрів встановлені в



багаторядних підшипниках з ексцентрикової обоймою. Для налаштування друкарських секцій на товщину паперу є можливість окремого регулювання офсетного циліндра у верхній частині.

Натяжна шпindelь фіксує одночасно обидва кінці полотна в щільному затиску. Формні циліндри встановлені в жорстких опорах. Система перестановки поперечної та окружної приводок переміщує лише формні циліндри. Перестановка діагональної приводки дозволяє додаткову корекцію приводки.

Корегування накатних валиків фарбового і зволожуючого апаратів відпадає, так як здійснюється автоматична настройка накатних валиків. Налаштування приводок під час друкування тиражу проводиться з центрального пульта управління. Вона не позначається на проведенні паперового полотна, так як перестановка приводки не впливає на офсетні циліндри.

Формні циліндри оснащені пневматичним затиском для формних пластин. Формна пластина натягується за допомогою затискної колодки, що відкривається від зусилля пневматичної системи і закривається від зусилля пружини.

Кожен фарбовий апарат оснащений пристроєм для змивання. Трьохваликовий зволожуючий апарат оснащений дуктором, хромованим валиком і накатним валиком.

Він розрахований на два режими роботи:

- пряме зволоження - зволожуюча рідина подається до формної пластині виключно накатним валиком зволожуючого апарату. Пряме зволоження потрібно при друкуванні без спирту.

- непряме зволоження - накатних валик зволожуючого апарату перебуває в контакті з розкатним циліндром. Зволожуюча рідина подається до формної пластині також накатними валиками фарбового апарату.

Непряме зволоження придатне для виробництв із застосуванням друкарських форм, схильних до шаблонування фарби. Косе та/або

паралельне положення зволожуючого дуктора щодо хромованого валика, забезпечує рівномірну і/або нерівномірну подачу зволожуючої рідини по ширині паперового полотна. подача зволожуючого апарату проводиться пневмо-циліндрами з управлінням з центрального пульта.

При зупинці машини, дуктор, зволожуючого апарату, пневматично відводиться від хромованого валика. Кожен контур рідини оснащений пристроєм для її чистки, а також охолоджуючим і дозувальним пристроєм.

Опора циліндра і всі рухомі деталі змащуються пластичним мастилом. Редуктор кожної друкарської секції оснащений системою змащення маслом і маслофільтра.

Машина оснащена системою водяного охолодження. Контур охолоджуючої рідини включає холодильники масла редукторів друкарських секцій та теплообмінники систем управління індивідуальних приводів. Другим контуром охолоджуючої рідини регулюється температура гуркотів циліндрів і дукторного валиків.

На стороні виходу паперу з друкарської секції і у верхній частині встановлено фотоелементи контролю паперового полотна. При обриві полотна проводиться зупинка всієї машини. Для запобігання скруток папери за останньою друкарською секцією встановлено ловлять пристрій.

Під час друкування тиражу управління всією машиною здійснюється з центрального пульта. Для налагодження та налаштування друкарської секції є можливість управління необхідними функціями безпосередньо на агрегаті. Для цього використовується мобільний пульт управління.

Характеристика технічних даних друкарської секції:

Номінальне число обертів (друкування тиражу) 50.000 об./год.

Швидкість папери 8,6 м / с.

Час гальмування при аварійній зупинці від ном. числа обертів до повної зупинки біля 10 с.

Товщина металевого полотна 1,61 ± 0,01 - 1,63 ± 0,01 мм

Ширина металевого полотна 1010 ± 1,0 мм

Довжина металевого полотнища 647 - 0,5 мм

Допуск по діагоналі  $\pm 1,0$  мм

Перевищення кілець над тілом офсетного. циліндра 1,53 мм

Кількість пластин на формовий циліндр 1 шт.

Товщина друкарських пластин 0,3 - 0,02 мм

Ширина друкарських пластин  $1010 \pm 1,0$  мм

Довжина друкарських пластин (розгорнута довжина)  $642,2 \pm 0,5$  мм

Допуск по діагоналі  $\pm 1,0$  мм

Перевищення кілець над тілом формних. циліндра 0,23 мм

Периметр циліндра 620 мм

Довжина відбитка 614 мм

Макс. ширина паперового рулону 1000 мм

Мін. ширина паперового рулону 420 мм

Приводка по колу  $\pm 2,5$  мм

Поперечна приводка  $\pm 2,0$  мм

Діагональна приводка  $\pm 0,3$  мм

Дзеркало набору, не більше: 995 x 614 мм

Довжина по рубці 620 мм

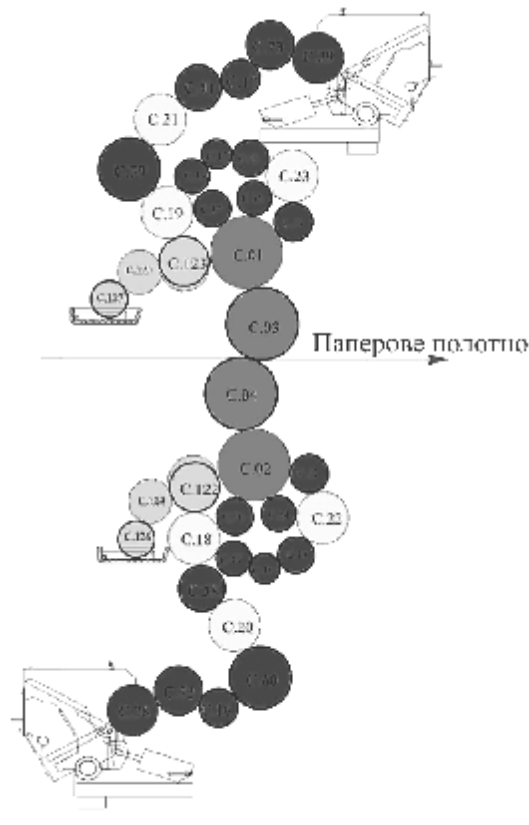


Рисунок 3.2 - Фарбовий апарат

Якщо при прискоренні машини не подається достатня кількість фарби, треба перевірити ширину відбитка між плівковим валиком і фарбовим дуктором.

Залежно від виробника властивості гумових покриттів різні. Це позначається на ширині відбитка. У будь-якому випадку слід дотримуватися вказівок інструкторів з друкування.

В даній секції фарбового апарату є верхні (рис.2.4) і нижні (рис.2.5) валики. Всі накатні або фарбові валики встановлені в поворотних кронштейнах. Ширина відбитка між валиками регулюється. Кронштейни оснащені двома механізмами настройки. Накатні або фарбові валики подаються через ексцентрик і настановний гвинт кронштейна. Таким чином, окремо можна встановлювати зазор між валиками (ширину відбитка).

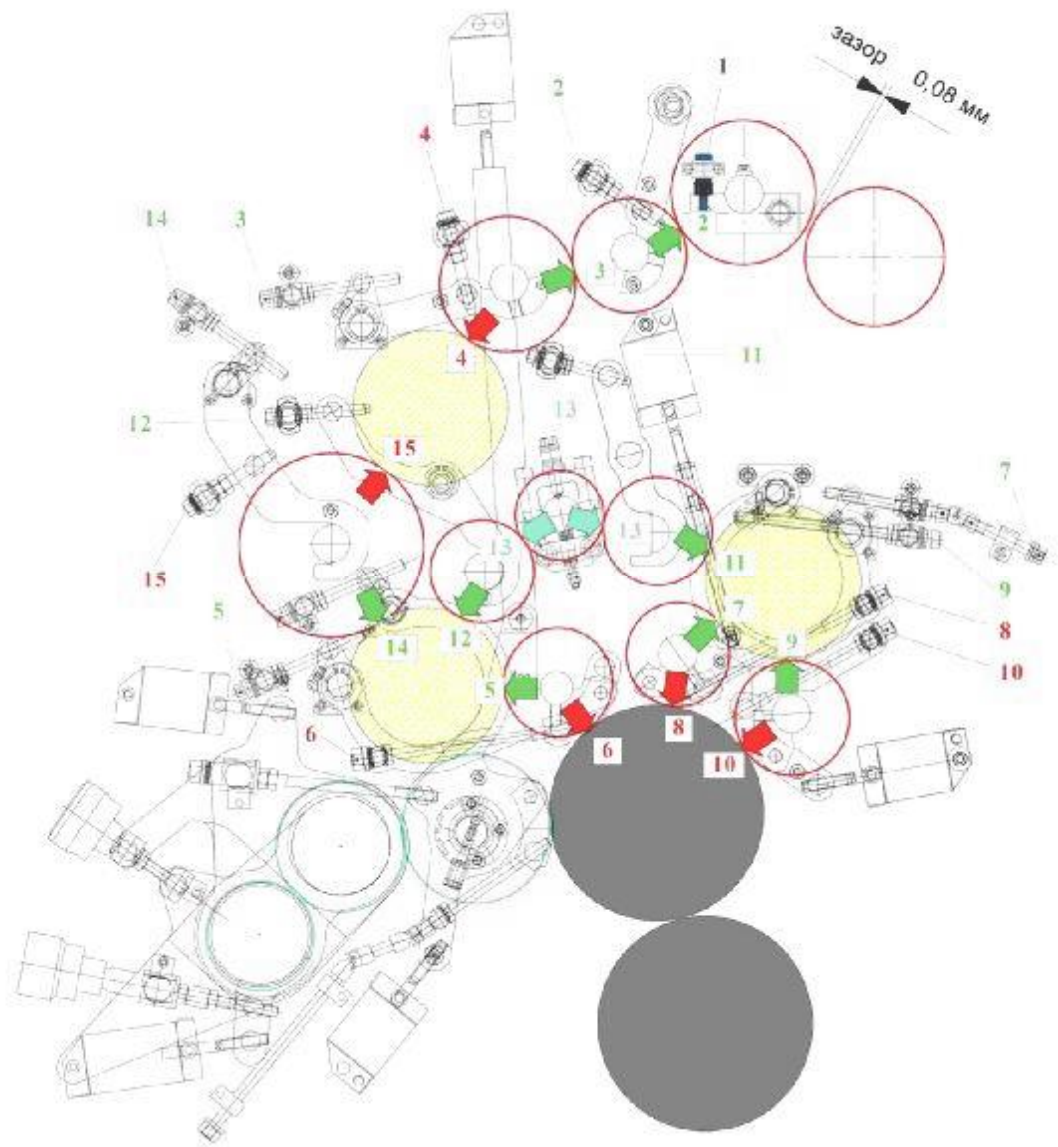


Рисунок 3.3 - Схема фарбових валиків верхнього апарату

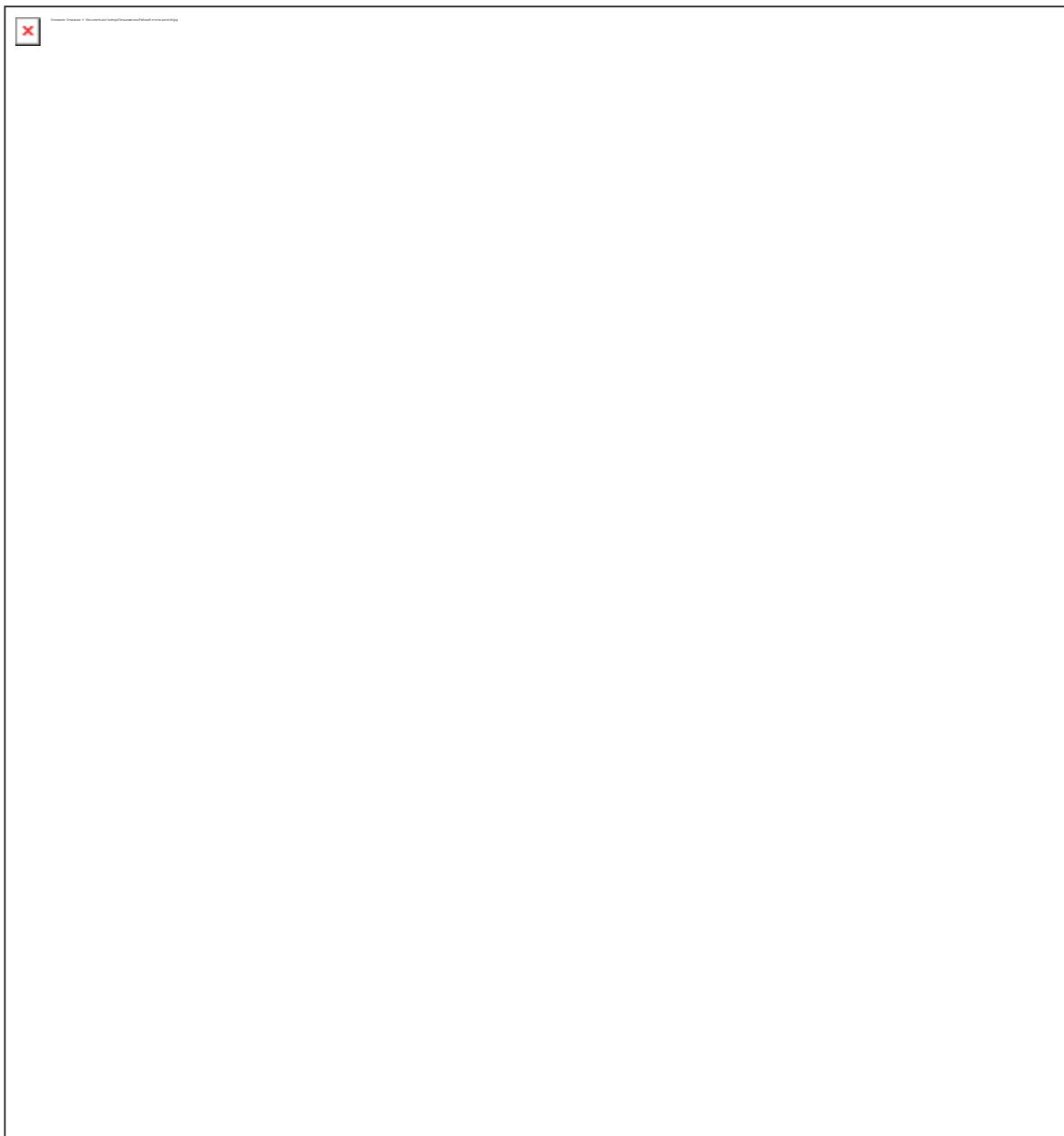


Рисунок 3.4 - Схема фарбових валиків нижнього апарату

До складу фарбовий апарату входять 14 валиків.

- 1 дукторний валик
- 1 плівковий валик
- 6 фарбових валиків
- 3 накатних валика
- 3 гуркотів циліндра

Розкатні циліндри забезпечують переливання кольорів і додатковий гуркіт.

Накатні валики і фарбові валики мають однаковий діаметр і однакову довжину і є взаємозамінними. Великі підшипники валиків встановлені в тілі валиків, чим забезпечується їх захист.

Кожен з трьох накатних валиків встановлений на поворотних важелях, які для включення і виключення повертаються навколо опори розкатного циліндра. Забезпечується тонка настройка за допомогою настановних гвинтів. Подача здійснюється пневматично із застосуванням регульованих упорів. Завдяки цьому запобігається вискакування валиків

Фарбові валики - обрешинені і покриті рільсаном фарбові валики подають і поділяють фарбовий шар. Накатні валики фарбової групи - обрешинені накатні валики фарбової групи переносять фарбовий шар на друкарську пластину.

Дозувальний пристрій фарбового апарату складається з фарбового резервуару і дукторного валика. Нижній пружний фарбовий ніж ділить на сегменти (фарбові зони). Налаштування цих зон дає можливість індивідуального регулювання витрати фарби по ширині паперу в залежності від продукту.

Плівковий валик призначений для зняття фарби з дуктор і подачі фарби по першому фарбовому валику. Поверхня вкрита рільсаном і виконана з накаткою.

Вісь плівкового валика встановлена з можливістю повороту в станині фарбового резервуара. Плівковий (контактний) валик є приємним для фарб, має дуже незначний знос, завжди знаходиться в робочій позиції і не може бути включений або виключений.

Зворотно-поступальні розтираючі циліндри призначені для осьового розтирання фарбової плівки. На поверхню валика нанесено покриття з стійкою до стирання і фарбам пластмаси (рільсан). Фрикційне передача у кожного розтираючого циліндра забезпечує накладення обертового руху на осьове поперечний рух.

Розтираючі циліндри приводяться від редуктора друкарської секції.

Вони виконують подвійний хід максимум на  $\pm 16$  мм. Всі зворотно-поступальні циліндри підключені до термостатичному пристрою.

Фарбовий резервуар призначений для дозування нанесення фарби на дукторний валик. Незалежно від рівня фарби в фарбовому резервуарі в фарбовий апарат подається рівномірний фарбовий шар. Забезпечується майже стовідсоткове використання фарби для друкування.

Фарбові ножі, ширина яких відповідає ширині зон, регулюються індивідуально, регулювання електроприводу від центрального пульта управління. Для чищення є можливість автоматичного відведення фарбового резервуару.

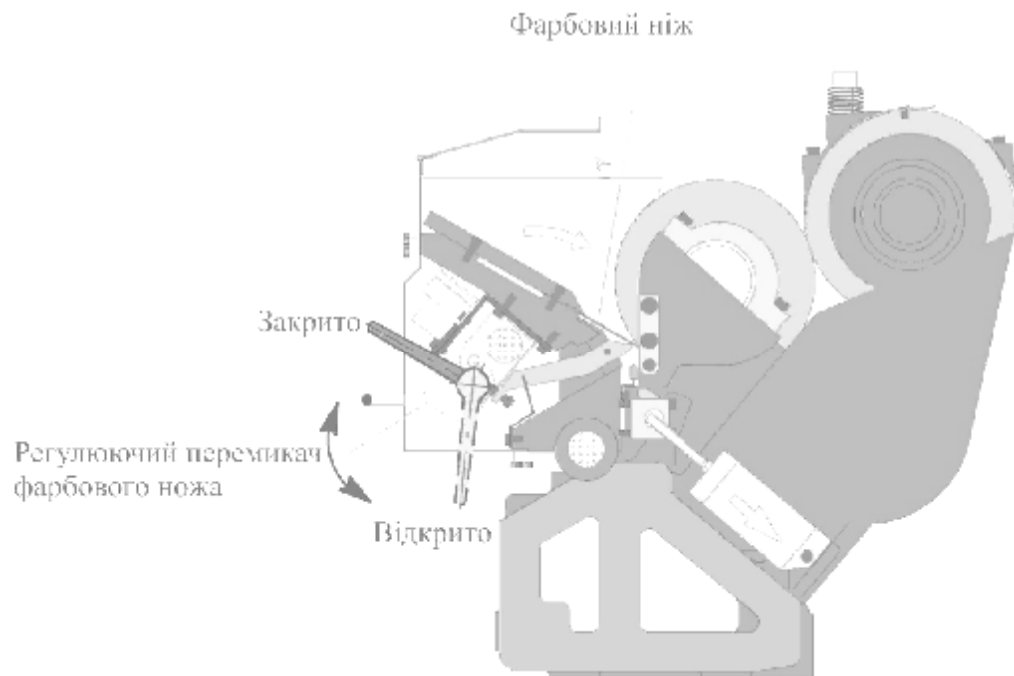


Рисунок 3.5 - Схема фарбового резервуару

У верхньому крайньому положенні регулювального важеля фарбовий ніж закритий. При закритому регулювальному важелі на дукторний валик передається фарбовий шар товщиною 0,01 - 0,02 мм. При електроприводному дистанційному регулюванні регулювальний важіль служить для індикації перестановки фарбового ножа у друкарській секції. Використовувати його для ручного регулювання дозволяється тільки в аварійному випадку (дист. регулювання несправне), діючи при цьому вкрай обережно. Кожен



регулювальний важіль є елементом замінного цілком виконавчого вузла. Цей вузол може поставлятися з електроприводом або з ручним приводом. Внаслідок великого зниження в редукторі виконавчого вузла насильницька перестановка регулювального важеля призводить до руйнування зубчастих коліс.

Для подачі фарби в ємності друкарської машини використовують фарбовий контейнерний насос ТСР. Залежно від моделі, фарбовий насос може підключатися до змінних контейнерів, базовим контейнерів або стаціонарним резервуарів.

Насос оснащений пневмоприводом. Фарбовий насос складається з наступних основних функціональних вузлів:

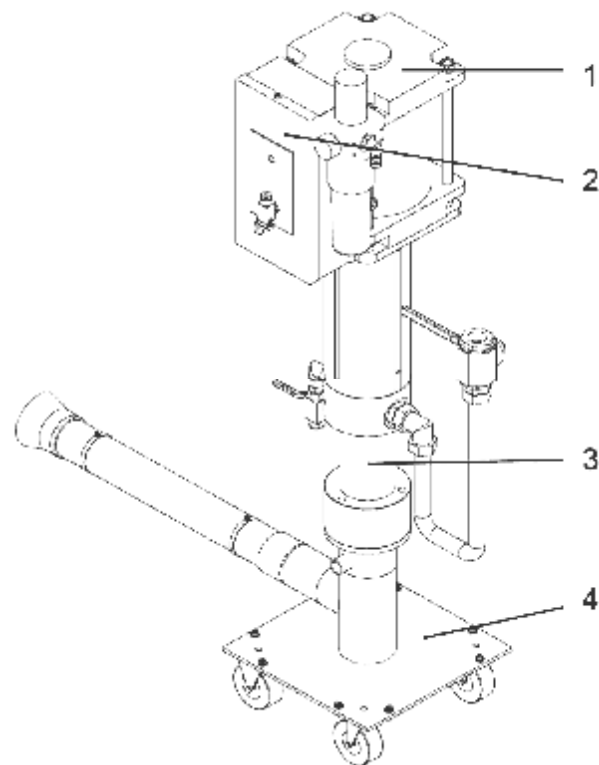


Рисунок 3.6 - Головні функціональні групи ТСР: 1 - привід насоса; 2 - система управління; 3 - трубки насоса; 4 - підставка насоса /несуча плита.

### 3.1.2 Огляд пристрою вловлювання, регуляторів та контролю полотна

На друкарській машині пропонуємо встановлювати дві різні системи регулювання положення полотна:

- Ручний регулятор - ролик
- Пневматичний регулятор - сопло.

У процесі друкування паперове полотно поглинає зволожуючий розчин і фарбу, як правило, в середині полотна більше, ніж по його краях. Внаслідок різної вологості полотна в його середині і по його краях полотно по-різному розширюється та піддається прогинанню. Збільшується ширина паперового полотна. Регулятори полотна підтримують полотно перед заправкою в друкарську секцію. Краї полотна злегка притягуються до середини і змінюється приводка.



Рисунок 3.7 - Схема регулювання положення полотна

- Ручний регулятор полотна – ролик. Юстування підтримки паперового полотна проводиться на недрукованій поверхні або під лінією фальца.

Процес юстування:

- звільнюється затискний гвинт.
- регулятор полотна переводиться в потрібну позицію.
- затягується затискний гвинт.

Налаштування підтримування зусилля. Ручний регулятор полотна піднімає полотно з регульованим тиском пружини.

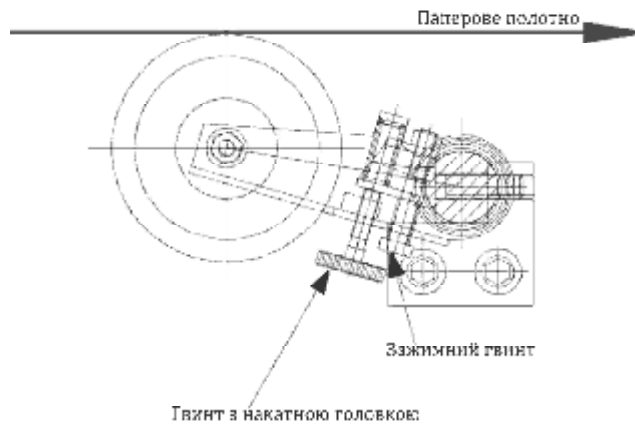


Рисунок 3.8 - Процес настройки.

Пневматичний регулятор полотна – сопло. Юстирування підтримки паперового полотна повинна проводитися на недрукованих поверхнях або під лінією фальца.

Процес настройки:

- звільнити затискний гвинт.
- перемістити регулятор полотна в потрібну позицію.
- затягнути затискний гвинт.

Налаштування підтримуючого зусилля. Пневматичний регулятор полотна піднімає полотно регульованим повітряним потоком.

Процес настройки:

- Поворотом дросельного вентиля змінюється тиск повітряного потоку.

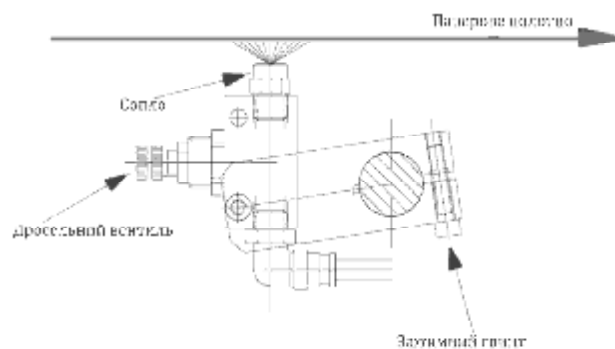


Рисунок 3.9 - Процес настройки регулятора полотна

За допомогою закриваючого крана на стороні обслуговування включаються і відключаються пневматичні регулятори полотна

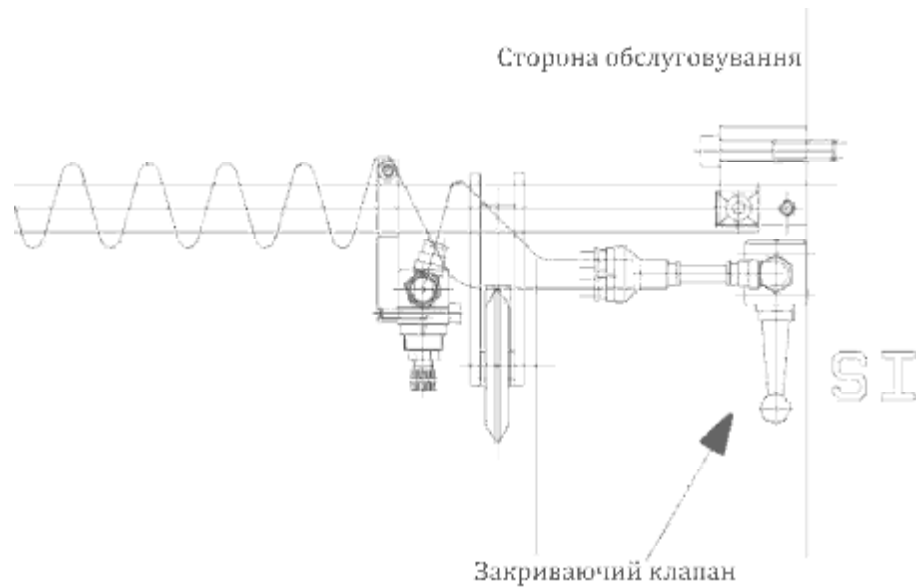


Рисунок 3.10 – Відключення регулятора полотна

Фотоелектричний контроль паперового полотна працює за принципом відбивання – промені давача відбиваються від паперового полотна і приймаються приймачем.

Кожна друкарська секція оснащена фотоелектричним пристроєм контролю паперового полотна, який встановлено в відкидній консолі з можливістю переміщення поперек паперового полотна. Для виконання робіт з техобслуговування консоль відводиться.

В останній друкарській секції перед системою вловлювання на відкидній консолі встановлено чотири фотоелектричних пристрої контролю паперового полотна з можливістю переміщення поперек полотна.

Кінцеве положення консолі контролюється кінцевим вимикачем.

При обриві полотна машина зупиняється.

В такому випадку механізм, обрізає і затримує паперове полотно, пристрій вловлювання захищає машину від ушкодження внаслідок намоток на циліндри.

Обрив паперового полотна і місце обриву показуються на центральному пульті управління.

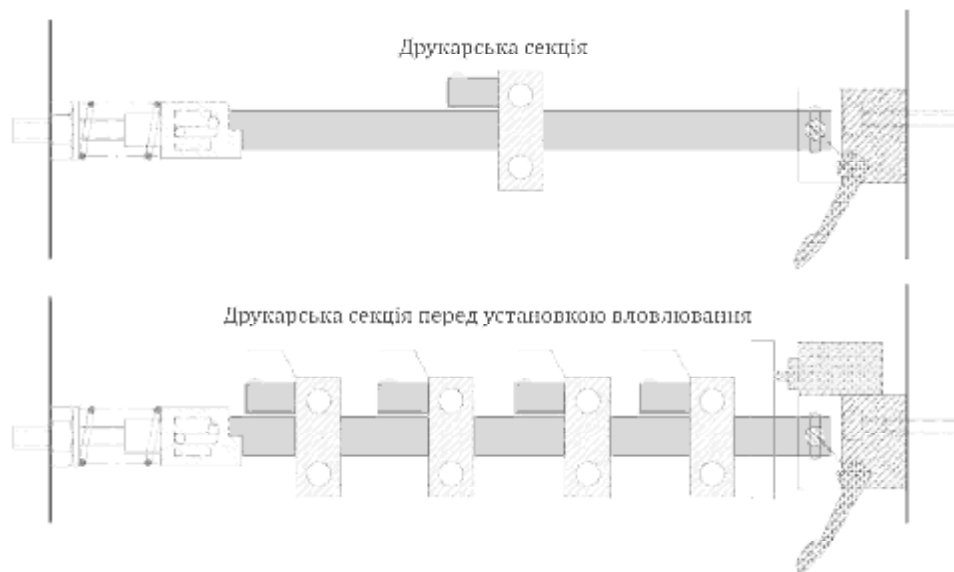


Рисунок 3.11 - Схема фотоелектричного контролю полотна

При роботі машини без проводки паперу за допомогою ручки у вигляді зірочки перед фотолінзою встановлюється діафрагма.

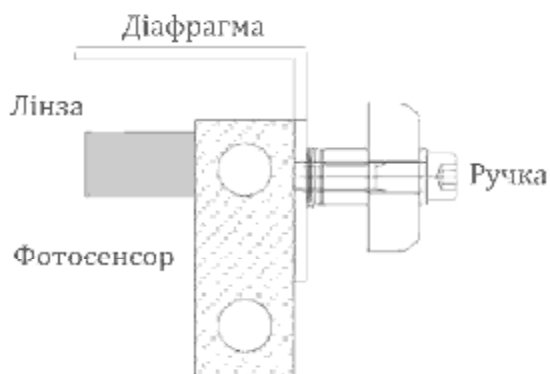


Рисунок 3.12 - Контроль паперового полотна

Між останньою друкарською секцією і сушаркою встановлений пристрій вловлювання (рис.3.13), який складається з гумованих і покритих керамікою валиками. При обриві паперу за пристроєм вловлювання або в зоні сушарки даний пристрій забезпечує видалення паперу з друкарських секцій.

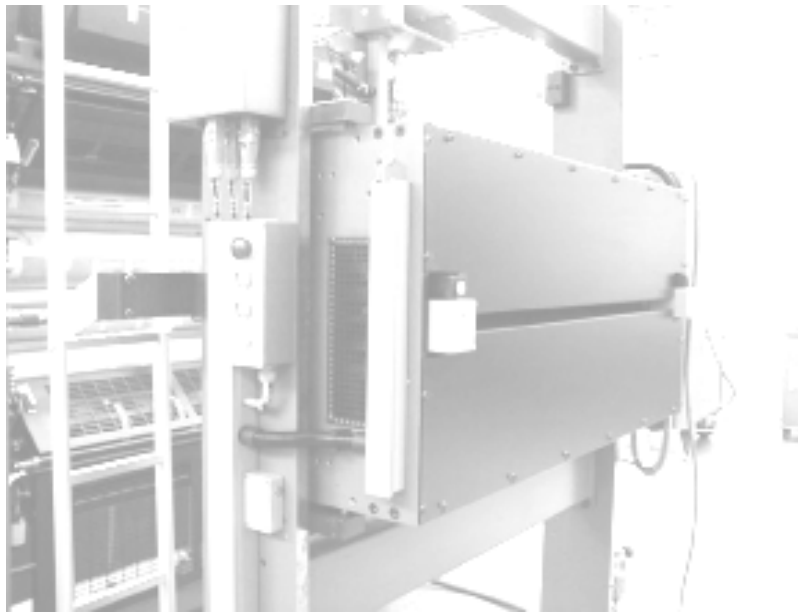


Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд вловлювача.

При включенні машини вловлюючі валики відводяться один від одного. Одночасно відбувається попередній розтяг натискних пружин. Між вловлюючими валиками встановлюються розпірки. Електродвигун приводить в рух обидва вловлюючі валики з невеликим випередженням (рис.3.14). Активація вловлюючого пристрою: при підвищенні швидкості обертання друкарських секцій понад значення  $n=5000$  об/хв активується вловлюючий пристрій.

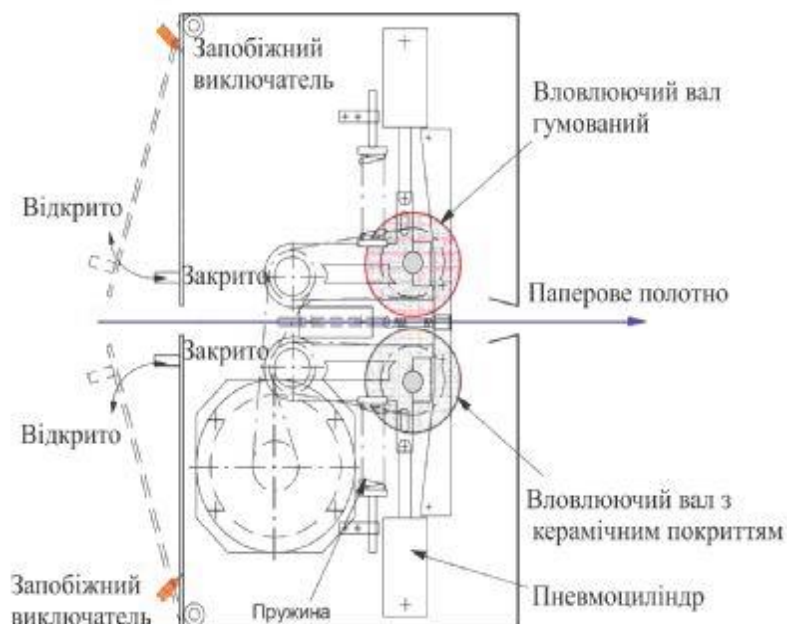


Рисунок 3.14 - Схема вловлюючого пристрою

Як тільки від системи фотоелектричного контролю паперового полотна надходить імпульс замикання або при спрацьовуванні системи вимірювання натягу полотна електромагніти притягують розпірки. Вловлюючі валики негайно сходяться. Вловлюючі валики витягають паперове полотно з друкарських секцій. При обриві паперу відбувається зупинка машини.

Для чищення або видалення намотаною папери необхідно відкрити дверцята вловлюючого пристрою. Дверцята мають кінцеві вимикачі, які забезпечують роз'єднання валиків при відкриванні дверцят. Після закриття дверцят вловлюючий пристрій можна знову активувати.

## **3.2 Розробка засобів автоматизації**

### **3.2.1 Розробка структурної схеми автоматизації**

У даній роботі розроблено структурну схему автоматизованої лінії, основними блоками якої являються:

- Блок мікропроцесорного керування;
- Блок підготовки напруги живлення;
- Блок захисту оператора;
- Панель керування друкарською машиною;
- Головний двигун приводу друкарської машини;
- Двигун керування положення полотна;
- Двигун компресора;
- Двигун подачі фарби;
- Клапан, регулятор подачі повітря на сопло натягу;
- Давач дальномір ТВА 2800;
- Давач відхилення полотна FE50;
- Давач тиску систем пневможивлення;
- Давач витратомів HDO;

- Давач розриву полотна ВИКО-Р-11-М18.

Основні функціональні блоки напряму залежать один від одного. Блок підготовки напруги живлення подає сигнал на блок мікропроцесорного контролера та на двигуни. В свою чергу Блок мікропроцесорного контролера зворотно зв'язаний із панеллю керування друкарською машиною, на яку виводиться сигнали готовності машини до друку. На блок мікропроцесорного керування подаються сигнали із давачів та сигнали на двигуни.

Із давача дальноміра ТВА 2800 та із давача розриву полотна ВИКО-Р-11-М18 подаються сигнали готовності на блок мікропроцесорного керування, що в свою чергу подає керуючі сигнали корегування, зупинки або запуску на головний двигун друкарської машини.

Із давача відхилення полотна йде сигнал на блок керування, який посиляє керуючі сигнали на двигун корегування положення полотна та в залежності від отриманих сигналів корегується (якщо є необхідність) розміщення полотна.

Давач тиску системи пневмо-приводом керує через блок мікропроцесорного керування двигуном компресора. Давач витратомір серії НДО визначає витрату фарби він регулює роботу двигуна подачі фарби в фарбовий резервуар. З блоку керування відбувається контроль клапана подачі повітря на сопло натягу. Всі структурні блоки з'єднані і взаємопов'язані між собою через блок мікропроцесорного контролю.

### **3.2.2 Вибір та опис програмованого контролера**

Однокристальні мікроконтролери знаходять широке застосування в найбільш різноманітних сферах техніки: від вимірювальних приладів, фотоапаратів та відеокамер, принтерів, сканерів, копіювальних апаратів до виробів електронних розваг і будь-якої домашньої техніки.



В якості процесора використовується однокристальний мікроконтролер ADuC 841 з характеристиками зазначеними у додатку А:

### **3.2.3 Вибір перетворювача**

Інтерфейс RS-232, зовсім офіційно званий "EIA/TIA-232-E", але більш відомий як інтерфейс "COM-порту", раніше був одним з найбільш поширених інтерфейсів в комп'ютерній техніці. Він до цих пір зустрічається в настільних комп'ютерах, незважаючи на появу більш швидкісних і "інтелектуальних" інтерфейсів, таких як USB і FireWare. До його переваг з точки зору радіоаматорів можна віднести невисоку мінімальну швидкість і простоту реалізації протоколу в саморобному пристрої.

Фізичний інтерфейс реалізується одним з двох типів роз'ємів: DB-9M або DB-25M, останній в випускаються в даний час комп'ютерах практично не зустрічається. Логічні рівні передавача: "0" - від +5 до +15 Вольт, "1" - від -5 до -15 Вольт. Логічні рівні приймача: "0" - вище +3 Вольт, "1" - нижче -3 Вольт. Максимальне навантаження на передавач: вхідний опір приймача не менш 3 кОм.

Дані характеристики визначені стандартом як мінімальні, що гарантують сумісність пристроїв, проте реальні характеристики зазвичай істотно краще, що дозволяє, з одного боку, жити малопотужні пристрої від порту (наприклад, так спроектовані численні саморобні data-кабелі для стільникових телефонів), а з іншого - подавати на вхід порту інвертований TTL-рівень замість двополярного сигналу.

Детальний опис параметрів та принципу роботи поданий у Додатку Б.

### **3.2.4 Розробка засобів контролю рівня фарби в резервуарі в**

## друкарській секції

Прилад САУ М7.Е призначений для створення систем автоматизації технологічних процесів, пов'язаних з контролем і підтримкою заданого рівня рідких або сипучих речовин в різного роду резервуарах, ємностях, контейнерах і т.п.

Контроль рівня здійснюється за допомогою трьох, що підключаються до входів приладу, датчиків, які встановлюються користувачем в резервуарі на заданих умовами технологічного процесу позначках: нижній, проміжної і верхній. Для візуального контролю рівня в резервуарі на лицьовій панелі приладу передбачено три світлодіодних індикатора, загорання кожного з яких здійснюється при спрацьовуванні відповідного датчика.

В якості входних датчиків можуть бути застосовані:

- Кондуктометричні (контролюючі ступінь електропровідності середовища) зонди;
- Активні датчики з вихідними ключами n-p-n типу;
- Механічні контактні пристрої.

Тип застосовуваних датчиків визначається користувачем, виходячи з фізико-хімічних властивостей контролюваного робочої речовини.

Для управління технологічним обладнанням прилад оснащений двома вбудованими електромагнітними реле.

Одне з реле призначене для керування електроприводом виконавчого механізму (електричного насоса, електромагнітного клапана і т.п.), що виконує в системі функції регулятора з підтримки заданого рівня. Робота цього реле може здійснюватися як в автоматичному режимі (за сигналами датчиків нижнього і проміжного рівнів), так і по командах оператора (від вбудованих кнопок ручного управління). Алгоритм роботи реле в автоматичному режимі задається користувачем, виходячи зі способу, яким регулятор повинен здійснювати підтримку рівня: заповнення резервуара або його випорожнення. Інше реле призначене для формування аварійного

сигналу при досягненні робочою речовиною граничного верхнього рівня.

Основні характеристики приладу автоматичного управління рівнем САУ М7.Е подані в додатку В.

Функціональна схема приладу САУ М7.Е представлена на рис. 3.15.

До складу приладу входять:

- Вхідні пристрої ОУ1 ... ОУ3, призначені для обробки сигналів датчиків рівня;
- Блок логіки, призначений для формування сигналів управління вихідним реле «Робота»;
- Вихідні електромагнітні реле «Верх» і «Робота», призначені для управління виконавчими механізмами;
- Світлодіодні індикатори, службовці для відображення інформації про стан датчиків, вихідних реле і режимах роботи приладу;
- Блок живлення, службовець для забезпечення схеми стабілізованою напругою 12В постійного струму;
- К1, К4 - комутатори електричних сигналів.

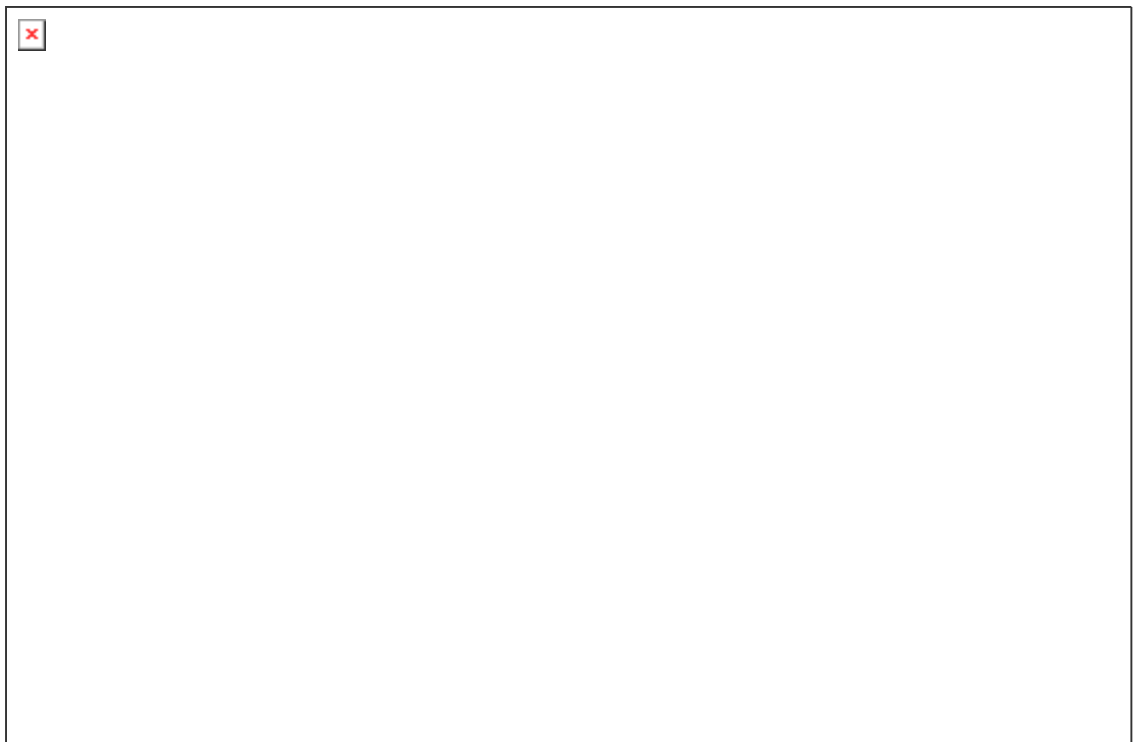


Рисунок 3.15 – Функціональна схема САУ М7.Е

Контроль рівня здійснюється за допомогою трьох датчиків, які встановлюються користувачем в резервуарі на заданих за умовами технологічного процесу позначках: нижньої, проміжної, верхньої і підключаються відповідно до сигнальних входів приладу Вх.1, Вх.2, Вх3.

В якості датчиків рівня можуть бути використані:

- Кондуктометричні зонди;
- Активні датчики з вихідними ключами n-p-n типу;
- Механічні контактні пристрої.

Кондуктометрические зонди застосовуються для контролю рівня рідин володіють властивостями електричної провідності. До таких рідин відносяться розчини кислот і лугів, розплавлені метали, вода і водні розчини солей, харчові продукти, молоко і т.п. Кондуктометричні зонди в простому випадку є ізольовані один від одного металеві електроди, виконані з не корозійного матеріалу. Один з електродів є загальним для всієї схеми контролю. Він встановлюється в резервуарі так, щоб робоча частина електрода перебувала в постійному контакті з рідиною у всьому діапазоні контролю (від нижнього рівня до верхнього включно). Підключається цей електрод до контакту приладу «загальний».

При контролі рівня в металевому резервуарі його корпус може бути використаний в якості загального електрода. Решта електроди є сигнальними. Вони розташовуються на відповідних своїм призначенням рівнях і підключаються до сигнальних входів Вх.1, Вх.2, Вх3 приладу. Приклади установки кондуктометричних зондів на об'єктах представлені на рис. 3.16.

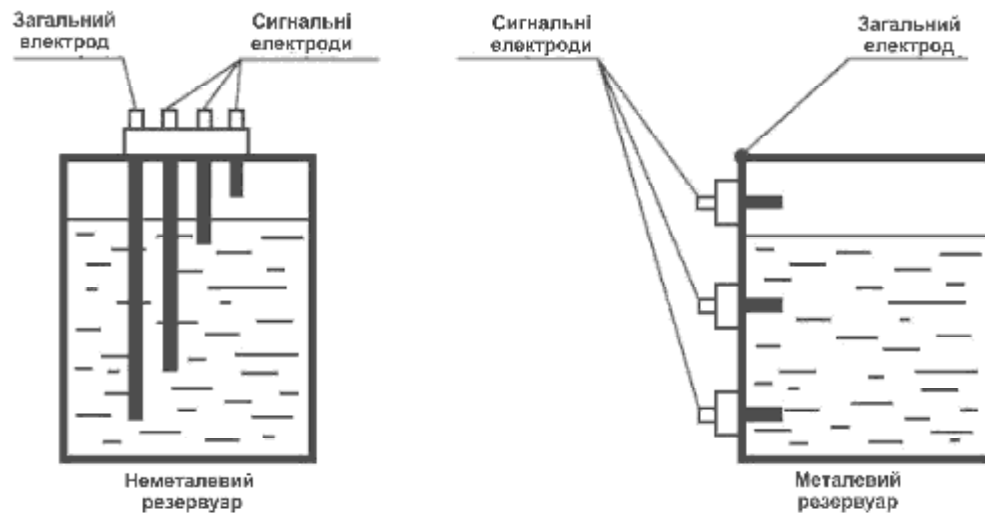


Рисунок 3.16 – монтаж датчиків

У міру заповнення резервуара при зіткненні електродів з рідиною відбувається замикання (через опір рідини) електричних ланцюгів між загальним і відповідними сигнальними входами приладу, що фіксується вхідними пристроями як досягнення заданих рівнів.

У ряді випадків для контролю рівня можуть бути використані активні датчики (ємнісні, індуктивні, оптичні тощо) з вихідними ключами n-p-n типу.

Датчики цього типу перетворюють відбуваються під впливом зовнішніх чинників зміни відповідних вхідних параметрів (індуктивності, ємності тощо) в стрибкоподібне зміна провідності їх вихідних транзисторних ключів.

Для нормальної роботи приладу САУ М7.Е вихідні ключі датчиків повинні (при досягненні речовиною контрольованого рівня) перемикатися із закритого стану у відкрите. Цій вимозі задовольняють, наприклад, безконтактні ємнісні вимикачі ВБ2.18М.65.5.2.1.К (або ВБ2.30М.65.10.2.1.К), які можуть бути використані для контролю рівня різних речовин, у тому числі діелектричних рідин, а також порошкоподібних або сипких матеріалів.

Спрацювання цих пристроїв відбувається з-за зміни їх вхідний електричної

ємності при появі в активній області датчика контрольованого

речовини. При спрацьовуванні датчика (через його вихідний ключ) відбувається замикання електричного кола між відповідним сигнальним входом приладу і загальною точкою схеми (мінус 12 В), що і фіксується, як досягнення заданого рівня.

При використанні ємнісних вимикачів слід мати на увазі, що відповідно до

технічною документацією на ці пристрої, відстань спрацьовування від активної зони датчика до контрольованого об'єкта визначається:

- Для металів - в основному відстанню до площини металу;

- Для діелектриків - величиною діелектричної постійної речовини  $\epsilon$  і його товщиною (при збільшенні  $\epsilon$  - відстань спрацьовування зростає). Це обставина дозволяє контролювати наявність рідких і сипучих продуктів в зоні дії датчика без прямого контакту з ними - через діелектричну стінку, що особливо важливо при роботі з агресивними речовинами.

Живлення активних датчиків здійснюється від вбудованого в прилад джерела постійного струму напругою 12 В або від зовнішнього блоку живлення.

До приладу також можуть бути підключені датчики, вихідним сигналом яких при досягненні заданого рівня є замикання механічних контактів. При спрацьовуванні датчика (через його вихідні контакти) відбувається замикання електричного кола між загальною точкою схеми і відповідним сигнальним входом, що і фіксується приладом як досягнення заданого рівня. Такі датчики можуть застосовуватися в пристроях поплавкового типу для контролю рівня різних за фізико-хімічним складом рідин.

Для обробки сигналів датчиків у схемі передбачено три вхідних порогових пристрої (компаратора), виконані на операційних підсилювачах ОУ1 ... ЗНЗ. Кожен з компараторів порівнює напругу сигналу надходить на його вхід ( $U_{вх.}$ ) з напругою опорного джерела ( $U_{опор.}$ ) і при виконанні умови  $U_{вх.} < U_{опор.}$  перемикається в стан відповідне досягненню заданого

рівня. Зміна вхідного сигналу, що забезпечує виконання умови  $U_{вх} < U_{опор}$ . Відбувається при спрацьовуванні відповідного датчика рівня, який замикає вхід компаратора (безпосередньо або через опір елементів датчика) з загальною точкою схеми.

У приладі передбачена ступеневе регулювання напруги  $U_{опор}$ , дозволяє

змінювати чутливість компараторів і при використанні для контролю рівня кондуктометричних датчиків налаштувати прилад на роботу з різними за ступенем електропровідності рідинами. Зміна напруги  $U_{опор}$  проводиться за допомогою комутатора КЗ.

Для візуального контролю рівня речовини у резервуарі до виходів компараторів підключені світлодіоди, що сигналізують про спрацьовування відповідних датчиків.

Для управління технологічним обладнанням прилад оснащений двома вбудованими електромагнітними реле. Перше реле («Верх») служить для формування аварійного сигналу в разі перевищення контрольованим речовиною граничного верхнього рівня. Це реле управляється за сигналами компаратора ОУЗ і включається при замиканні датчика верхнього рівня. Контакти реле можуть бути використані як для включення зовнішньої сигналізації, так і для введення в дію додаткових технічних засобів, що запобігають розвитку аварії.

Друге реле («Робота») призначено для керування електроприводом виконавчого механізму (електричного насоса, електромагнітного клапана і т.п.), що виконує в системі функції регулятора рівня. Роботою цього реле управляє блок логіки за сигналами компараторів ОУ1 і ОУ2 (від датчиків нижнього і проміжного рівнів) або за командами від кнопок ручного управління. Управління може здійснюватися як в ручному, так і в автоматичному режимі. В ручному режимі управління реле «Робота» проводиться за командами від кнопок «Пуск» і «Стоп» незалежно від стану датчиків. При необхідності дію кнопок ручного управління може бути

заблоковано за допомогою комутатора К4. В автоматичному режимі управління реле «Робота» здійснюється за сигналами датчиків рівнів відповідно до заданого користувачем алгоритмом роботи регулятора.

Алгоритм роботи задається за допомогою комутатора К2, виходячи зі способу, яким регулятор повинен здійснювати підтримку рівня: заповнення резервуара або його випорожнення. Користувач має можливість задати один з нижче перерахованих алгоритмів роботи регулятора.

#### 1) Заповнення резервуара по гистерезисного закону

Режим використовується у випадках, коли регулятор повинен підтримувати заданий рівень у резервуарі шляхом підживлення його від зовнішнього джерела.

В цьому режимі реле «Робота», що управляє регулятором включається після розмикання датчика нижнього рівня, а вимикається тільки при замиканні датчика проміжного рівня. Наявність зони гистерезису між точками включення і виключення регулятора забезпечує впевнене (без «дрижання») спрацьовування пускових комутаційних пристроїв і економічний режим роботи регулятора.

#### 2) Спорожнення резервуара по гистерезисного закону

Даний режим роботи використовується у випадках, коли регулятор повинен підтримувати заданий рівень шляхом відбору робочої речовини з резервуара.

В цьому режимі реле «Робота» включається після замикання датчика проміжного рівня, а вимикається резервуарі тільки при розмиканні датчика нижнього рівня.

#### 3) Заповнення резервуара без гистерезису

Даний режим роботи використовується у випадках, коли регулятор повинен підтримувати заданий рівень шляхом підживлення резервуара, але гистерезису між точками його включення і виключення з якихось причин не потрібно.

В цьому режимі реле «Робота» включається після розмикання датчика



нижнього рівня, а вимикається при його замиканні.

### **3.2.5 Розробка засобів контролю положення та натягу полотна**

Контроль положення та натягу полотна пропонується здійснювати за допомогою фотодавачів ДФ-2 (див. Додаток Г), який призначений для безконтактного, точного включення (перемикання і (або) відключення) різних пристроїв і механізмів (замість кінцевих вимикачів або перемикачів), де установка останніх не надійна через часті, різких ударів, вібрацій і т. п., а також для запуску (зупинки) різних циклів з використанням прапорців, фотоміток. Наприклад, в поліграфічному обладнанні для точного виміру розміру малюнку, тексту, швидкості руху, натягу.

Загальний алгоритм роботи ФД (див. рис.Д.1):

1. Мікроконтролер D3 переводить лінію порту P3.7 в стан лог. 0. Цей стан відкриває транзистор VT1 і включає ІК світлодіод SD1 на випромінювання.

2. Фотодіод FD1 приймає відбитий сигнал. Якщо перед ФД на відстані приблизно 6-7 см є відображаюча поверхня об'єкта, на виході попереднього підсилювача D1 (і, відповідно, на вхідних лінії порту P1.5 мікроконтролера D3) тривалість імпульсу досягає 40 ... 70 мкс (в залежності від наявності паразитних засвічень ФД, відстані до об'єкта, його форми, швидкості і відображаючих властивостей поверхні). Якщо перед ФД немає об'єкта (або він знаходиться дуже далеко від ФД), тривалість імпульсу змінюється від 0 до 20 мкс.

3. Мікроконтролер шість разів опитує стан вхідної лінії порту P1.5 і рахує кількість прийнятих імпульсів, потім переводить лінію порту P3.7 в стан лог. 1 (відключає імпульс на ІК світлодіод).

4. Далі мікроконтролер видає на тестовий вихід P3.5 серію коротких позитивних імпульсів, кількість яких дорівнює кількості прийнятих

імпульсів. Тривалість імпульсу - 1 мкс, період проходження - 10 мкс.

5. Мікроконтролер аналізує кількість прийнятих імпульсів і порівнює його з певної порогової величиною. Якщо перевищення порогової величини відбувається вперше, то встановлюється внутрішній прапор наявності об'єкта, якщо ж спостерігається зниження кількості прийнятих імпульсів нижче порогової величини, прапор наявності об'єкта скидається.

6. Мікроконтролер перевіряє установку прапора наявності об'єкта і на виході Р3.3 формує нульовий вихідний імпульс довжини приблизно 400 мкс. Одночасно мікроконтролер встановлює вихідні лінії Р1.6 і Р1.7 відповідним чином, включає зелений світлодіод зведеного індикатора SD2.

7. Мікроконтролер аналізує активність прапоранаявності об'єкта: якщо прапор зведений, мікроконтролер включає червоний світлодіод SD2, а якщо прапор скинутий - виключає обидва світлодіода.

8. Далі формується тимчасова затримка, і цикл повторять знову з першого пункту. Період проходження імпульсів інфрачервоного світлодіода становить близько 750 мкс при шпаруватості 10.

Таким чином, за відсутності об'єкта перед ФД індикатор роботи, (встановлений в задньому торці корпусу світлодіод) вимкнений, при появі об'єкта на 400 мкс включається зелений світлодіод, а потім - протягом усього часу перебування цього ж об'єкту - горить червоний світлодіод.

Призначення векторних елементів принципової схеми (рис.3.18). Діод VD2 необхідний для захисту виходу мікроконтролера від подачі на нього негативної напруги, резистор R10 - для контролю підключення ФД. Він може використовуватися або як навантаження для вихідного сигналу ФД, або для організації в основному пристрої (до якого підключається ФД) опитуваного резистивного дільника, розрахованого так, що, коли ФД відключений, на виході дільника присутня лог.0, якщо ж ФД підключений, то на виході дільника присутній лог.1. Споживаний ФД струм не перевищує 25 мА.

Фотодатчик розміщений в дюралевому циліндрі діаметром 18 мм і довжиною 110 мм. Циліндр має дві торцеві дахівки, що кріпляться до

корпусу гвинтами М2. В одній з них встановлено світлодіод SD1 і фотодіод FD1 (відповідно на відстані 5 мм), в іншій - здвоєний індикаторний світлодіод SD2, і з цієї ж кришки виходить з'єднувальний кабель довжиною 1,5 м, забезпечений штирьовим роз'ємом DB9V. В окремих випадках передбачається регулювання чутливості ФД, виконана у вигляді вкручується в вікно фотодіода гвинта або спеціальної шторки. В залежності від умов експлуатації ФД може мати відкриті від  $\pi$  отвори, в які встановлені світлодіод SD1 і фотодіод FD1, або отвори, герметично закриті матеріалом, прозорих для ІЧ випромінювання. Фотодатчик зібраний на двосторонній друкарській платі з двостороннім розташуванням елементів.

### **3.2.6 Вибір давача неперервності полотна**

У друкарській машині для контролю неперервності полотна пропонується використовувати рефлекторний давач ВІКО-Р-11-М18 (рис.3.17), основні характеристики якого подані в додатку Е.



Рисунок 3.17 – Давач ВІКО-Р-11-М18

### **3.2.7 Вибір елементів контролю відхилення полотна**

Передумовою для будь регулювання ходу полотна є ідеальна

реєстрація позиції рухомого полотна. Майже при кожній зміні рулонів кінцеве і нове полотна зустрічаються в зміщеному вигляді. Це тягне за собою неточності в подальшому процесі. Будь автоматизація управління ґрунтується на принципі простого регулювального контуру. Навіть складні завдання можуть бути зведені до даного регулювального контуру.

Сенсор безконтактно реєструє фактичне значення полотна. Залежно від завдання і властивостей матеріалу це може бути інфрачервоний, ультразвукової або лінійний сенсор.

У даній роботі для друкарської машини СОМРАСТА 215 пропонується використовувати сенсорний давач кольорових ліній FE50.



Рисунок 3.18 – Давач FE50

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1 Аналіз механіки подачі полотна в модуль друку

На відмінну від листових друкарських машин, де подача паперу в друкарській апарат здійснюється дискретно (із зупинкою), у рулонних друкарських машинах подача паперу організована у вигляді нескінченної стрічки (полотна). Це дозволяє вести процес друкування на високій швидкості роботи (до 18 м/с), що перевищує в кілька разів швидкість листової друкарської машини.

Якість роботи рулонної машини значно залежить від рівномірності натягу паперової стрічки, який повинен бути стабільним протягом усього тракту проводки паперового полотна. При цьому провисання полотна або її слабкий натяг не допустимий. Порушення цих умов викликає нечіткість фарб, утворювання на стрічці зморшок і складок і, як наслідок, її обрив. Правильний і безперервний рух стрічки можливо тільки при її натязі в певних межах, що дозволяє управляти і забезпечувати стабільну роботу машини з високою якістю друку. подача паперової стрічки здійснюється полотноживильною системою, проведення її через технологічні вузли машини проводиться полотнопрвідною системою.

Полотнопрвідна система (рулонна зарядка) розташовується відокремлено від машини зі своїми індивідуальними приводами або монтується безпосередньо в друкарській секції. Можливість керування рухом паперової стрічки й її подачею в друкарську секцію з постійним натягом створюється на вході в машину й забезпечується шляхом примусового підгальмування робочого рулону.

До складу полотноживильної системи входять обладнання для установки й зміни рулону, обладнання для підтримки й регулювання натягу стрічки, корекції її положення при вході в машину, а також різні допоміжні обладнання. Полотноживильна система сучасних рулонних офсетних машин повинна забезпечити:

- оперативну зміну рулонів на ходу під час роботи машини;
- регулювання положення рулону в осьовому напрямку;
- автоматична підтримка стабільного натягу стрічки з можливістю її регулювання.

Перед установкою рулону його звільняють від зовнішнього упакування й фіксують у затискних обладнаннях рулонної зарядки. Паперова стрічка подається полотноживильною системою шляхом розмотування її з рулону, що викликає деякі ускладнення, починаючи з моменту сходу стрічки з рулону. В ідеалі рулон повинен представляти правильний без биття циліндр, вісь обертання якого збігається з його геометричною віссю. Поверхня циліндра утворена полотном, згорним у вигляді архімедяної спіралі:

$$\rho = \rho_0 + \frac{\delta}{2\pi} \varphi,$$

де  $\rho$ ,  $\rho_0$  – поточний і початковий радіуси рулону;  $\delta$  – товщина паперової стрічки;  $\varphi$  – поточний кут повороту рулону.

Однак через неправильне намотування стрічки, її неоднорідності, недбалого транспортування й неправильного складування форма рулонів стає далеко неідеальною. Крім того, рулон являє собою тіло змінної маси, яка зменшується при його спрацьовування. Усі ці фактори впливають на стабільність натягу паперової стрічки. Сам процес розмотування рулона можна умовно розділити на період розгону в момент пуску машини, час руху з постійною швидкістю (режим друку) і час гальмування у випадку необхідної зупинки. Рух стрічки в друкарській машині починається з обертання рулону, з моменту прикладання до стрічки зовнішнього зусилля  $F_n r$ , що створює момент від натягу паперу  $M_n$ , дорівнює добутку  $F_n r$ , де  $r$  – поточний (змінний) радіус рулону (рис. 4.1).

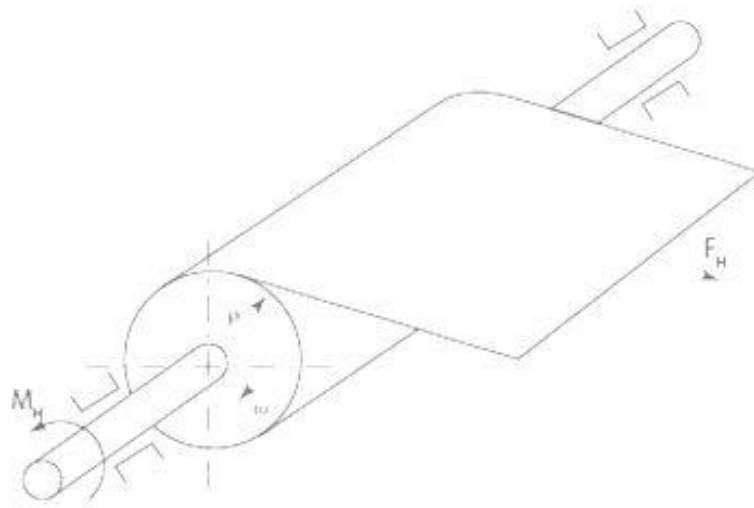


Рисунок 4.1 - Механіка подачі полотна в модуль друку

У загальному виді рівняння моментів сил при розмотуванні рулону можна представити у вигляді:

$$M_{\text{ц}} = J \times \epsilon = \rho (F + F_{\text{вт}} + F_e),$$

де  $J$  – момент інерції рулону щодо осі його обертання;  $\epsilon$  – кутове прискорення рулону, вираз у дужках являє собою сумарне зусилля, яке необхідно прикласти при розмотуванні робочого рулону з урахуванням його похибок і характеру руху. Перший доданок у цьому виразі  $F_{\text{в}}$  – це зовнішня сила, прикладена до стрічки в точці відділення її від рулону й залежна від геометричних параметрів паперової стрічки й швидкості руху. Другий –  $F_{\text{вк}}$  відбиває вплив інерції рулону в момент його прискорення й уповільнення. Третій –  $F_e$  представляє додаткове зусилля, яке необхідно прикласти для розмотування рулону ексцентричної форми. Це зусилля за період одного обороту рулону міняє свій знак, тобто стає або рушійним, або гальмуючим (для ідеального рулону  $F_e=0$ ). Частота його зміни під час розмотування рулону представляє змінну величину, що зростає зі зменшенням діаметра рулону. У період усталеного руху негативний вплив цієї сили позначається на пульсації натягу. При великій величині ексцентриситету й великій частоті обертання рулону може відбутися обрив стрічки. Незважаючи на вплив багатьох негативних факторів, паперове полотно повинне мати постійний натяг на всім тракті його

проводки, що є гарантією високої якості печатки.

Необхідний натяг паперової стрічки на вході в друкарську секцію створює рулонне гальмо. Натяг паперу характеризується величиною розстягуючого погонного зусилля, що діє на одиницю його ширини. Звичайно для офсетного паперу до  $100 \text{ г/м}^2$  натяг стрічки в стаціонарному режимі друку становить  $0,2\text{--}0,36 \text{ кН/м}$ . Однак у процесі роботи машини не виключаються перегони натягу на  $100\%$  більш від номінального значення. Рулонне гальмо повино забезпечити необхідний рівень натягу в заданих межах протягом усього періоду обертання рулону, включаючи напружений період автосклейки. У той же час дія механізму гальмування не повинна викликати перевантаження стрічки, а також її мимовільне розмотування при пуску й запуску машини.

Існують різні системи гальмування рулонів, що різняться за способом створення гальмівного моменту. Однак, незалежно від типу рулонного гальма, момент  $M_n$ , необхідний для розмотування рулону з необхідним натягом паперової стрічки  $F_n$ , повинен бути рівним з деяким наближенням гальмовому моменту  $M_m$ , тобто  $M_n = M_m$ .

За способом додавання гальмуючої сили рулонні гальма діляться на осьові, де зусилля прикладене до осі рулону, й периферійні зусилля гальмування прикладені до поверхні рулону. У сучасних машинах, у тому числі й у рулонних машинах КВА, застосовуються осьові гальма, які забезпечують більшу ефективність завдяки електромеханічному гальмуванню, не виявляючи впливу на поверхню паперової стрічки. Оскільки гальмівний момент передається через втулку рулону, то для підтримки постійного натягу його величина повинна безупинно автоматично регулюватися з урахуванням зміни радіуса рулону. Як було відзначено раніше, для надійної працездатності друкарської машини необхідно дотримувати рівності моментів  $M_n = M_m$ , або  $M_m = F_n r$ . У цьому вираженні радіус рулону – величина змінна, значення якої в процесі розмотування стрічки зменшується в кілька разів.



З урахуванням зміни радіуса рулону гальмовий момент повинен також плавно зменшуватися. Для забезпечення сталості натягу паперової стрічки в процесі її розмотування полотноживильної й полотнопідвідної системи оснащуються давачами автоматичного регулювання, які вловлюють збільшення або ослаблення натягу й відпрацьовують сигнал на виконавчі механізми. Паперова стрічка представляє об'єкт регулювання, тому автоматична система керування її поведінкою повинна бути досить чутливою й малоінерційною.

У якості осьового гальма досить широко використовуються електромагнітні дискові й порошкові муфти, керуючий вплив, у яких створюється шляхом зміни сили струму. Крім цього, у швидкісних рулонних машинах, у тому числі й у машинах КВА, для режиму «гальмування – розгону» рулону використовуються електродвигуни. При розмотуванні рулону великого діаметра двигун виступає в ролі приводу під час початку його розгону, згодом – у якості гальма, а зі зменшенням діаметра рулону й збільшенням частоти його обертання двигун надає рулону новий додатковий імпульс, полегшуючи схід стрічки з рулону.

Для згладжування різких коливань натягу стрічки при змотуванні її з рулону в полотноживильній системі розміщаються амортизаційні валики або амортизатори. Ці валики мають різне конструктивне виконання. Вони встановлюються між рулоном і першим друкарським апаратом, а також на різних ділянках полотноподаючого тракту. У загальному випадку – це полегшений валик, встановлений в опорах, підтримуваний пружинами й пневмоциліндрами. Зміна натягу стрічки викликає зсув валика й відповідний навантаження пружин (подібна система застосовувалася в машинах попереднього покоління). За принципом дії амортизаційні валики можуть бути пружинними, пневматичними, петлевими й комбінованими.

Практика експлуатації рулонних машин показала, що амортизаційні валики мають інерційність, прояв якої стає більш помітним зі зменшенням діаметра рулону. Це пов'язане з тим, що на амортизаційний валик діють

навантаження, що обурюють, виникають при розмотуванні рулону. Частота дії цих навантажень є величиною змінн, що залежить від радіуса рулону, наявності ексцентриситету в самому рулоні або при його установці в рулонну зарядку. В процесі розмотуванні стрічки з рулону його радіус зменшується, а частота власних коливань валика збільшується. Щоб уникнути резонансних явищ, які можуть привести до обриву стрічки, частота власних коливань амортизатора повинна відрізнитися від частоти, що збурення. Негативний вплив інерційних сил частково вдається погасити застосуванням демпфера (повітряного або гідравлічного), який зменшує амплітуду й зрушує фазу змущених коливань.

Оскільки робочий рулон має деякі відхилення від правильної циліндричної форми, коливання його радіуса при обертанні викликають періодичні коливання швидкості  $\Delta V_p$ , у результаті чого з рулону за період його обороту подається то більше, то менше стрічки. Ці коливання  $\Delta V_p$  швидкості через інерційність рулону неможливо повністю компенсувати відповідною зміною зусилля гальмування. Тому, якщо на ділянці  $L$  не передбачити якесь компенсуюче обладнання, то коливання швидкості рулону 1 приведуть до обриву стрічки. Із цією метою на ділянці  $L$  встановлюється амортизаційний (плаваючий) валик 2 (рис.4.2), що навантажується пневмоциліндром 3 ситою  $T$ .

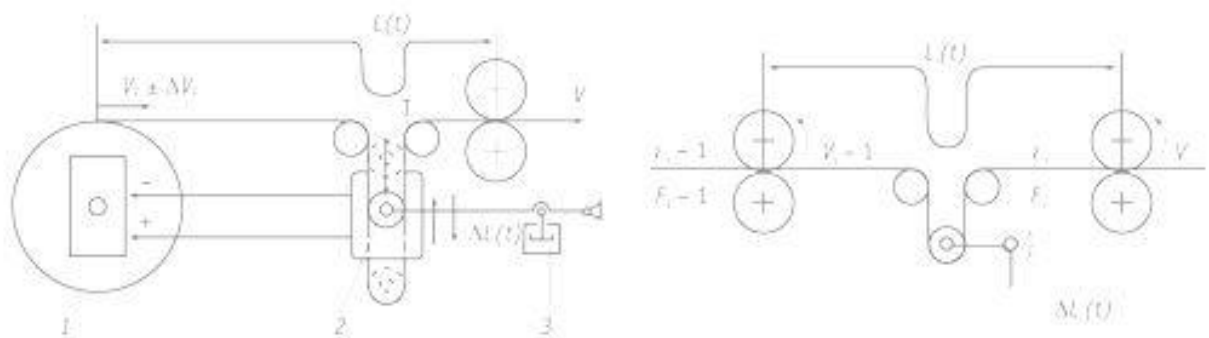


Рис. 4.2 - Схема амортизаційного (плаваючого) валика

Плаваючий валик живильної системи компенсує нерівномірність подачі паперового полотна й підтримує постійний натяг стрічки. Він є не

тільки об'єктом авторегулювання, але може виконувати функцію, що амортизує або натяжного валика. При постійній швидкості  $V$  періодичний надлишок або недолік подаваної стрічки, викликані коливаннями радіуса рулону 1 у точці відриву стрічки, компенсуються переміщенням плаваючого валика 2. У подібному обладнанні натяг стрічки визначається зусиллям  $T$ , що прикладаються до осі валика. Завдання гальм полягає в тому, щоб забезпечити швидкість рулону, при якій валик переміщався в межах номінального положення, заданого робочою зоною регулятора натягу. Зміна положення амортизаційного валика, який гойдається або переміщається поступально, використовується для вироблення сигналу керуванням гальмом або двигуном приводу рулону. При зменшенні швидкості рулону збільшується натяг стрічки на ділянці рулон-валик, після чого валик починає переміщатися нагору. Одночасно виробляється команда на збільшення швидкості обертання рулону шляхом зменшення гальмового моменту або додатком оборотів двигуна. При збільшенні швидкості рулону валик відповідно почне переміщатися вниз, що позначиться на характері режиму гальмування. На схемі ці керуючі впливи позначені стрілками зі знаками «+» і «-». Навантаження плаваючих валиків у полотноживильної та лентопроводящей системах рулонних машинах КВА здійснюється пневмоциліндрами. Застосування пневматичного навантажуючого обладнання дозволяє чітко контролювати мінімальні відхилення натягу стрічки й забезпечити її стабільну поведінку, завдяки зниженню інерційності рухливих частин регулятора.

#### **4.2 Моделювання динаміки бічного переміщення полотна**

У роботі дослідимо просторово залежні передавальні функції для поперечної динаміки полотна, які забезпечують бічне положення та нахил полотна в будь-якому місці в межах прольоту. Це суттєве покращення в

порівнянні з існуючими функціями бічного перенесення, які забезпечують бічну реакцію полотна лише на роликах. Підхід спирається на прийняття перетворення Лапласа відносно часової змінної як бічного регулюючого рівняння прольоту полотна, так і нормальних граничних умов входу на роликах, та вирішення отриманих рівнянь. Отримано загальну функцію бічного переносу прольоту полотна, яка є явною функцією просторового положення вздовж прольоту. Нові рівняння регулювання забезпечують механізми для аналізу бічної поведінки мережі в межах прольотів, вивчення розповсюдження поперечних збурень та допомоги у розробці замкнених систем бічного управління в нових додатках, що вимагають точного бічного позиціонування полотна. Як бічне положення полотна, так і нахил повинні контролюватися, щоб мінімізувати поширення поперечних коливань полотна в прольоті нижче за рухом. Проілюструємо використання нових керуючих рівнянь, надаючи чисельне моделювання для деяких репрезентативних сценаріїв збурень та прольоту.

При транспортуванні паперового полотна з рулону за принципом R2R основна увага при моделюванні та контролі полотен (гнучких матеріалів) була зосереджена переважно у поздовжньому або транспортному напрямку. Поперечній динаміці та управлінню полотном (рух, перпендикулярний напрямку транспорту та в площині полотна) не приділяли такої великої уваги. Поширене використання паперового полотна R2R для обробки різноманітних матеріалів за різних умов призвело до додаткових вимог до точного контролю бічного руху. Наприклад, при друці, де візерунки послідовно друкуються та реєструються на паперовому полотні на декількох циліндрах, існували жорсткі вимоги щодо мінімізації реєстрації друку як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку.

Дослідження із моделювання бічної поведінки рухомих стрічок датуються приблизно 50 роками. Про першу всебічну роботу з цієї теми Шелтон повідомив у [13]. З метою виведення керуючих рівнянь бічного положення полотна на роликах, Шелтон обробляв рухоме полотно між двома

роликами як напружену балку Ейлера-Бернуллі. Для більшості полотен маса полотна незначна, тобто сила, зумовлена прискоренням маси полотна, є незначною у порівнянні з натягом полотна. Таким чином, розглядаючи задачу як безперервну зміну форми статичного променя. Для вирішення диференціального рівняння, що описує бічний рух полотна, були розглянуті чотири граничні умови (бічне положення полотна та нахил на кожному ролику). Ключове спостереження/принцип, який був поширений у літературі про транспортування стрічки - ремінь, що наближається до ролика, вирівнює себе нормально до осі обертання ролика - був використаний для встановлення двох нормальних умов входу для поперечної швидкості полотна та прискорення. З точки зору бокового ролика - швидкість та прискорення, нахил полотна на вході ролика та кут нахилу ролика. Виходячи з цього підходу, передавальні функції були отримані від бічного положення напрямного ролика (вхідна змінна) до бічного положення полотна на ролику (контрольована вихідна змінна) для різних механізмів направляючих роликів. Основним недоліком існуючого підходу є використання функцій бічного перенесення, які забезпечують реакцію бічного положення полотна лише на роликах. Основною метою цієї роботи є вирішення цієї проблеми. Ми отримуємо керуюче рівняння для поперечного руху полотна та нормальних умов входу, враховуючи як згинання, так і зсув і чітко диференціюючи ці ефекти. Наш підхід спирається на прийняття одновимірного перетворення Лапласа діапазону, що регулює рівняння, та граничних умов відносно часової змінної. Застосування 1D-перетворення Лапласа для розподілених систем параметрів можна знайти в [10]. Ми розглядаємо бічне положення полотна та нахил на вхідному ролику до прольоту як дві граничні умови, а два нормальних умови входу (для поперечної швидкості та поперечного прискорення) на вихідному ролику - як інші два граничні умови. Ідея включення принципів нормального входу була розглянута в [4], де ці умови розглядаються для системи, змодельованої за допомогою рівняння динамічного пучка; 2D-перетворення Лапласа (як для

просторових, так і для часових змінних) було застосовано до керуючого рівняння; це забезпечило рішення рівняння пучка в частотній області. Через складність визначення зворотного перетворення Лапласа рішення частотної області було проігноровано, а просторові похідні в моделі пучка дискретизовані за допомогою методу скінченних різниць, щоб отримати набір звичайних диференціальних рівнянь для реакції бічного положення полотна на ролик. Наш підхід дозволяє нам вирішити отримані рівняння та отримати просторово залежні бічні переносні функції. У системі бічного управління мережею вимірювання від датчика бічного положення, який знаходиться безпосередньо за потоком керованого напрямного ролика, використовується як зворотний зв'язок для контролера. Хоча було визнано, що контроль нахилу полотна також має вирішальне значення для підтримання бічного положення [14], відсутність керуючих рівнянь, що забезпечують як бічне положення полотна, так і нахил уздовж прольоту, обмежує подальшу роботу над цим аспектом. Напрямний пристрій, де чотири датчики переміщення використовувались для вирішення чотирьох одночасних рівнянь для обчислення коефіцієнтів бічних керуючих рівнянь та обчислення бічного положення та нахилу полотна. Підхід, представлений у цій роботі, дозволяє отримати не тільки положення, але й нахил у будь-якому місці прольоту; таким чином, усуваючи потребу в декількох датчиках; можна також використовувати передавальну функцію для управління бічним положенням полотна в будь-якому місці вздовж прольоту за допомогою традиційного проміжного керування полотном. Це важливо для проектування контролерів для регулювання поперечного положення в будь-якій точці прольоту, а також для вивчення стратегій, що мінімізують поширення похибок поперечного положення та нахилу в прольоту нижче за течією. Далі, похідні функції можуть бути застосовані до будь-якої конфігурації керування і можуть бути визначені конкретні функції передачі для цих ситуацій.

Отримано рівняння бічної поведінки, що включає ефекти зсуву та вигину та нормальні умови входу в павутину. Використовуючи рівняння управління, виводяться бокові передавальні функції для різних входів, які є функціями просторової координати напрямку транспорту.

На рисунку 4.3 показано проміжок полотна з двома сусідніми роликками, які називаються вхідними та вихідними роликками. Бічні положення полотна позначаються  $y_0$  та  $y_L$  для вхідного та вихідного роликів відповідно. Вільний проліт - це частина полотна між роликками, яка не контактує з ними, і цю довжину позначають  $L$ . Кут нахилу ролика позначають  $\theta$ , транспорт швидкості полотна -  $V$ , а координату напрямку транспорту -  $x$ . Розробимо просторово залежні передавальні функції для бічного положення та нахилу полотна, враховуючи як згинання, так і зсув.

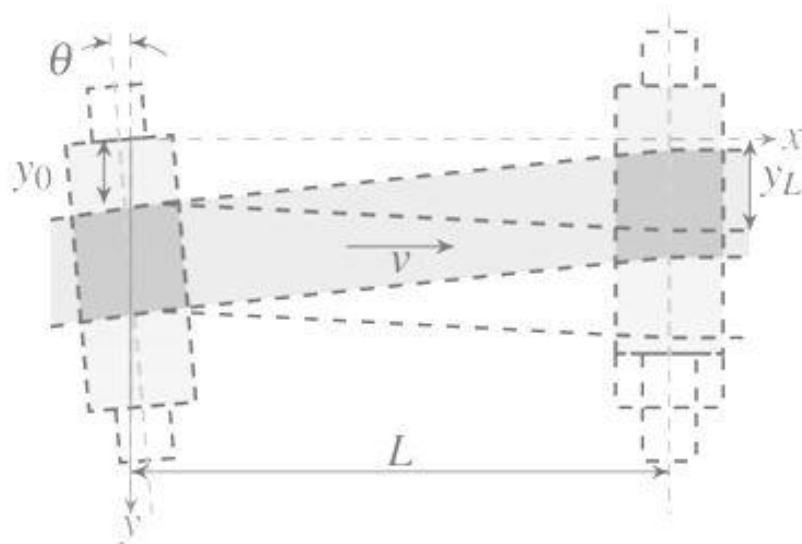


Рисунок 4.3 – Схема руху полотна

Розподіл полотна, який враховує як зсув, так і згин, показаний на рис.4.4, де  $T$  - натяг полотна, а  $\theta L$  - кут.

Нахил полотна внаслідок сили зсуву  $N(x)$  (враховуючи проміжок полотна як промінь Тимошенка) можна виразити

$$\frac{\partial y_s(x,t)}{\partial x} = \frac{nN(x)}{AG} \quad (4.1)$$

де  $n$  - поправочний коефіцієнт і дорівнює 1,2 для прямокутної площі перерізу,  $A$  - площа перетину полотна, а  $G$  - модуль зсуву. Ми будемо

використовувати індекси  $b$  та  $s$  для позначення чистого згинання та чистого зсуву відповідно, а жоден індекс - для повного відхилення внаслідок поєднаного згинання та зсуву. Враховуючи сили на рис.4.4, силу зсуву також можна виразити як

$$N(x) = T \left( \frac{\partial y(L,t)}{\partial x} - \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \right) + N(L). \quad (4.2)$$

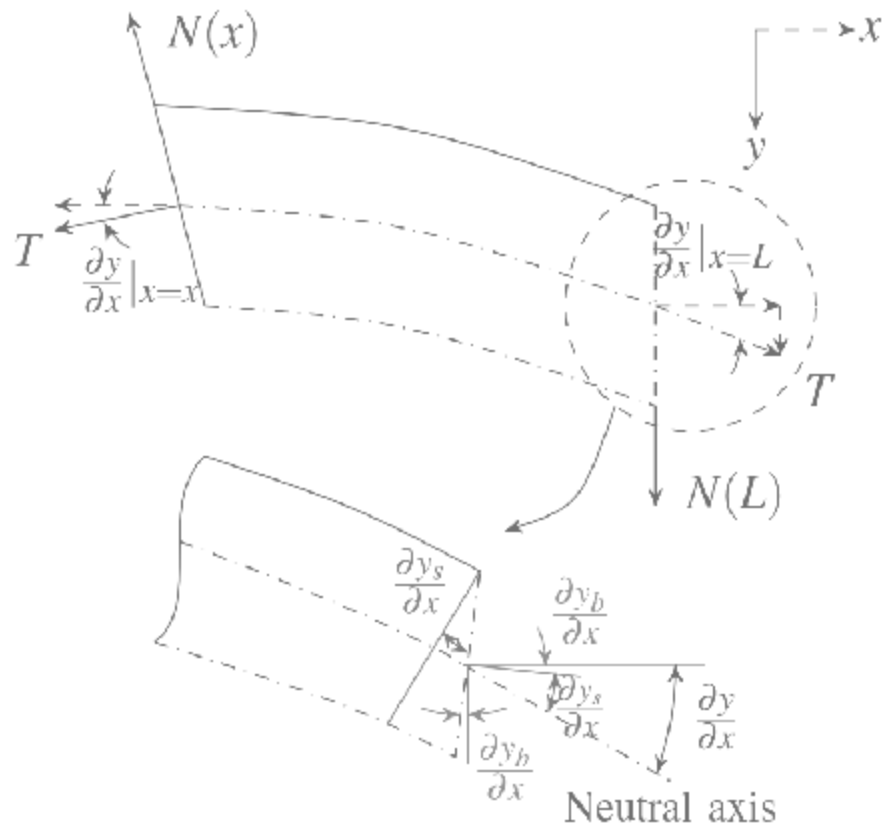


Рисунок 4.4 – Секція полотна з ефектами згинання та зсуву

Беручи дві послідовні похідні відносно  $x$  рівнянь (4.1) та (4.2), та комбінуючи ці два рівняння, виходить такий зв'язок:

$$\frac{\partial^3 y_s(x,t)}{\partial x^3} = -\frac{nT}{AG} \frac{\partial^3 y(x,t)}{\partial x^3}. \quad (4.3)$$

Далі, з теорії променів, сила зсуву також задається як

$$N(x) = -EI \frac{\partial^3 y_b(x,t)}{\partial x^3}. \quad (4.4)$$

Поєднуючи (3) та (4) та використовуючи, що загальний нахил полотна внаслідок зсуву та вигину задається як  $\partial y / \partial x = \partial y_b / \partial x + \partial y_s / \partial x$ , ми можемо



записати

$$N(x) = -EI \left[ 1 + \frac{nT}{AG} \right] \frac{\partial^3 y(x,t)}{\partial x^3}. \quad (4.5)$$

Беручи часткову похідну відносно  $x$  і використовуючи  $\partial N(x)/\partial x = -T(\partial^2 y(x,t)/\partial x^2)$  (отримане з рівняння (4.2)), можна встановити таке рівняння регулювання для полотна, яке включає як згинання, так і зсув:

$$\frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} - K_e^2 \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = 0 \quad (4.6)$$

де  $K_e^2 = (T/EI) / [1 + (nT/AG)]$ . Зверніть увагу, що в (4.6) можна встановити  $n=0$  для отримання чистого випадку вигину.

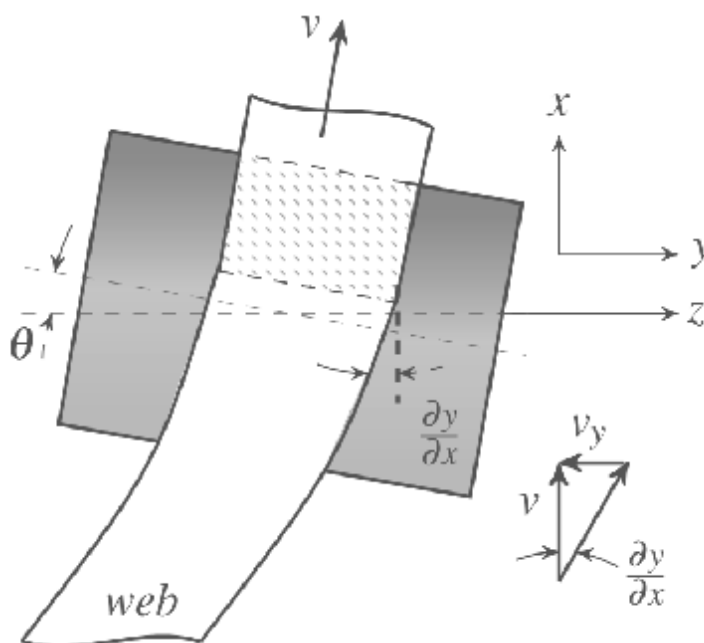


Рисунок 4.5 - Поведінка полотна при введенні ролика

Нам потрібні чотири граничні умови, щоб визначити рівняння (4.6). Вони виходять з нормального стану входу, тобто полотно відразу вирівнюється перпендикулярно осі обертання ролика, коли воно контактує з роликом, як проілюстровано на рис.4.5. Змінна  $z$  представляє бічне зміщення ролика і воно використовується для диференціації його від бічного

положення мережі. Дві з чотирьох граничних умов задані на вхідному ролику ( $x=0$ ) як,

$$y(0,t) = y_0(t); \quad \frac{\partial y(0,t)}{\partial x} = \theta_0(t). \quad (4.7)$$

Інші дві граничні умови для вихідного ролика можна отримати на основі цього нормального стану входу, один на основі поперечної швидкості, а інший - на поперечному прискоренні. Ми можемо отримати наступну залежність між нахилом полотна та поперечною швидкістю ролика (див. рис.4.5), як умова третій границі:

$$\frac{\partial y(L,t)}{\partial x} = \theta_L(t) + \frac{1}{v} \frac{\partial z_L(t)}{\partial t} - \frac{1}{v} \frac{\partial y(L,t)}{\partial t}, \quad (4.8)$$

Для визначення четвертої граничної умови необхідно врахувати таку залежність швидкостей обертання [11]:

$$\frac{\partial \theta_L(t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 y_b(L,t)}{\partial t \partial x} + v \frac{\partial^2 y_b(L,t)}{\partial x^2}. \quad (4.9)$$

Використовуючи  $\partial y_b / \partial x = \partial y / \partial x - \partial y_s / \partial x_s$  та підставляючи отримане рівняння у похідну від часу (4.8), отримуємо граничну умову четвертої умови як

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 y(L,t)}{\partial x^2} = & \frac{1}{v^2} \left( \frac{\partial^2 y(L,t)}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 z_L(t)}{\partial t^2} \right) \\ & + \frac{1}{v} \left( \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial y_s(L,t)}{\partial x} + v \frac{\partial^2 y_s(L,t)}{\partial x^2} \right). \end{aligned} \quad (4.10)$$

Однак зазначена гранична умова  $n$  для поперечного прискорення визначається через кут зсуву. Співвідношення для кута зсуву ( $\partial y_s / \partial x_s$ ) з точки зору поперечного зміщення ( $y$ ) допомогло б визначити коефіцієнти загального розв'язку керуючого рівняння. Щоб знайти такий взаємозв'язок, підставимо ситу зсуву, виражену (4.5) в (4.1). Отримаємо

$$\frac{\partial y_s(x,t)}{\partial x} = \frac{n}{AG} \left( -EI \frac{\partial^3 y(x,t)}{\partial x^3} \left[ 1 + \frac{nT}{AG} \right] \right). \quad (4.11)$$

Для знаходження такого вираження у роботі [9] використовується гамільтонівський метод. Тепер, використовуючи визначення (9.11) і

підставляючи в (4.10), четверту граничну умову поперечного прискорення на вихідному ролику можна записати як

$$\frac{\partial^2 y(L,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \left( \frac{\partial^2 y(L,t)}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 z_L(t)}{\partial t^2} \right) - \frac{nT}{vAGK_c^2} \left( \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial^3 y(L,t)}{\partial x^3} + v \frac{\partial^4 y(L,t)}{\partial x^4} \right). \quad (4.12)$$

Тепер керуюче рівняння та граничні умови визначаються через повне бічне зміщення.

Визначення бічної функції передачі.

Для вирішення керуючого рівняння (4.6) із граничними умовами (4.7), (4.8) та (4.12) ми застосуємо наступне 1D перетворення Лапласа в часовій змінній:

$$\mathcal{L}\{f(x,t)\} = \hat{f}(x,s) = \int_0^\infty e^{-st} f(x,t) dt \quad (4.13)$$

отримати,

$$\frac{\partial^4 \hat{y}(x,s)}{\partial x^4} - K_c^2 \frac{\partial^2 \hat{y}(x,s)}{\partial x^2} = 0 \quad (4.14)$$

і

$$\begin{aligned} \hat{y}(0,s) &= \hat{y}_0(s), \quad \frac{\partial \hat{y}(0,s)}{\partial x} = \hat{\theta}_0(s), \\ \frac{\partial \hat{y}(L,s)}{\partial x} &= \hat{\theta}_L(s) + \frac{s}{v} \hat{z}_L(s) - \frac{s}{v} \hat{y}(L,s), \\ \frac{\partial^2 \hat{y}(L,s)}{\partial x^2} &= \frac{s^2}{v^2} (\hat{y}(L,s) - \hat{z}(s)) - \frac{nTs}{vAGK_c^2} \left( \frac{\partial^3 \hat{y}(L,s)}{\partial x^3} - \frac{\partial^4 \hat{y}(L,s)}{\partial x^4} \right). \end{aligned} \quad (4.15)$$

Загальне рішення для (4.14) задано формулою

$$\hat{y}(x,s) = C_{1e}(s) \sinh(K_c x) + C_{2e}(s) \cosh(K_c x) + C_{3e}(s)x + C_{4e}(s) \quad (16)$$

Коефіцієнти  $C_{ie}(s)$ ,  $i=1\dots 4$ , можна визначити, використовуючи граничні умови, наведені в (4.15). Як тільки ці коефіцієнти знайдені, рішення (16) визначається як

$$\hat{y}(x,s) = G_1(x,s)\hat{\theta}_0(s) + G_2(x,s)\hat{y}_0(s) + G_3(x,s)\hat{\theta}_L(s) + G_4(x,s)\hat{z}_L(s) \quad (4.17)$$

де

$$\begin{aligned}
G_1(x, s) &= \frac{P_1(x, s)}{(\gamma s + (1+a)v)(s^2 - bs + c)} \hat{\theta}_0(s), \\
G_2(x, s) &= \frac{P_2(x, s)}{(s^2 + bs + c)} \hat{y}_0(s), \\
G_3(x, s) &= + \frac{P_3(x, s)}{(\gamma s + (1+a)v)(s^2 + bs + c)} \hat{\theta}_L(s), \\
G_4(x, s) &= + \frac{P_4(x, s)}{(\gamma s + (1+a)v)(s^2 + bs + c)} \hat{z}_L(s), \\
a &= \frac{\bar{u}T}{AG}, \quad b = \frac{v((1+a)g_1(L) + \gamma)}{g_2(L) - g_3(L)}, \quad c = \frac{v^2(1+a)}{g_2(L) - g_3(L)}, \\
\gamma &= \frac{\bar{a} \sinh(K_e L)}{K_e (\cosh(K_e L) - 1)},
\end{aligned} \tag{4.18}$$

$$\begin{aligned}
g_1(x) &= \frac{\sinh(K_e L) [\cosh(K_e x) - 1] - \cosh(K_e L) [\sinh(K_e x) - K_e x]}{K_e [\cosh(K_e L) - 1]}, \\
g_2(x) &= \frac{[\cosh(K_e L) - 1] [\cosh(K_e x) - 1] - \sinh(K_e L) [\sinh(K_e x) - K_e x]}{K_e^2 [\cosh(K_e L) - 1]}, \\
g_3(x) &= a \frac{\sinh(K_e L) (\sinh(K_e x) - K_e x) - \cosh(K_e L) (\cosh(K_e x) - 1)}{K_e^2 (\cosh(K_e L) - 1)}.
\end{aligned}$$

І  $P_i(x, s)$ ,  $i=1...4$  наведені в (4.19-4.22). Для отримання нахилу, моментів або сил необхідно взяти першу, другу або третю похідну відносно  $x$  у (4.17) відповідно. У рівняннях (4.19-22) для  $P_i(x, s)$  терміни, наведені під фігурними дужками, позначають внесок, що належить до вигину. Якщо зсув не враховується, то  $\gamma=0$ ,  $g_{3e}(x)=0$ . Таким чином, рівняння (4.17) зводиться до

$$\begin{aligned}
\hat{y}(x, s) &= \frac{P_4(x, s)}{s^2 + v \frac{g_1(L)}{g_2(L)} s + \frac{v^2}{g_2(L)}} \hat{z}_L(s) + \frac{P_3(x, s)}{s^2 + v \frac{g_1(L)}{g_2(L)} s + \frac{v^2}{g_2(L)}} \hat{\theta}_L(s) \\
&+ \frac{P_1(x, s)}{s^2 + v \frac{g_1(L)}{g_2(L)} s + \frac{v^2}{g_2(L)}} \hat{\theta}_0(s) + \frac{P_2(x, s)}{s^2 + v \frac{g_1(L)}{g_2(L)} s + \frac{v^2}{g_2(L)}} \hat{y}_0(s)
\end{aligned} \tag{4.19}$$

де

$$\begin{aligned}
P_1(x,s) &= \frac{1}{g_2(L)} \left[ ((x - g_1(x))g_2(L) - (L - g_1(L))g_2(x))s^2 \right. \\
&\quad \left. + v(xg_1(L) - Lg_1(x))s + (x - g_1(x))v^2 \right] \\
P_2(x,s) &= \frac{1}{g_2(L)} \left[ (g_2(L) - g_2(x))s^2 + v(g_1(L) - g_1(x))s + v^2 \right] \\
P_3(x,s) &= \frac{1}{g_2(L)} \left[ (g_1(x)g_2(L) - g_1(L)g_2(x))s^2 + v^2g_1(x) \right] \\
P_4(x,s) &= \frac{1}{g_2(L)} \left[ g_2(x)s^2 + vg_1(x)s \right]
\end{aligned}$$

Розглянемо переваги представленої моделі з точки зору управління бічним положенням та нахилом полотна за допомогою чисельного моделювання типової бічної напрямної ситуації. Зосередимося на контролі як бічного положення полотна, так і нахилу, щоб зменшити поширення бічних коливань у прольотах за течією. З цією метою використовується звичайно застосовуваний бічний напрямний, який називається Remotely Pivoted Guide (RPG) для управління бічним положенням полотна. Розглядаємо двопроменеву, триколісну установку подачі полотна, показану на рис.4.4, де R2 - напрямний ролик (RPG), а R1 і R3 - це ролики в режимі холостого ходу; називаємо інтервал входу як 0-й проліт, а вихідний проліт як 1-й проліт. Ролик RPG R2 обертається навколо точки повороту в прольоті входу, що знаходиться на відстані  $l=0,7874$  м від R2; оскільки RPG робить невеликі зміни кута нахилу ролика для корекції бічного положення, поперечне зміщення напрямного ролика (R2) пов'язане з кутом нахилу ролика  $z_L(t)=d_l\theta_L(t)$  [5].

Таким чином, поперечна відповідь для будь-якої позиції в діапазоні входу ( $L_0=1$  м) задається (4.17) з  $z_L(t)=d_l\theta_L(t)$  та  $\theta_L(t)$  як вхід управління. Подібним чином можна також записати бічну відповідь у вихідному прольоті ( $L_1=1,16$  м), використовуючи (4.17), з відповідними значеннями для цього прольоту.

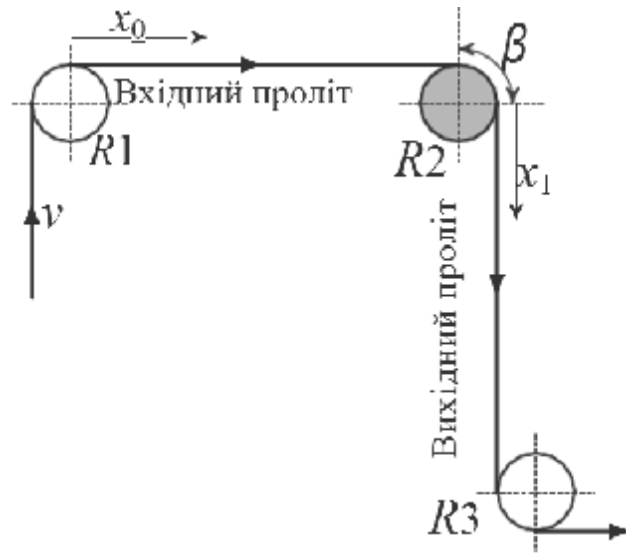


Рис. 4.6 – Двопролітна трьохроликівна система

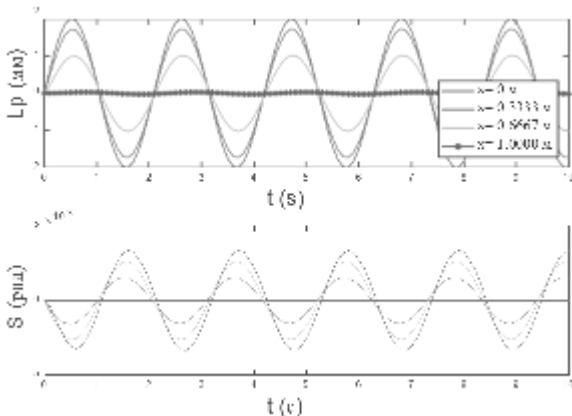
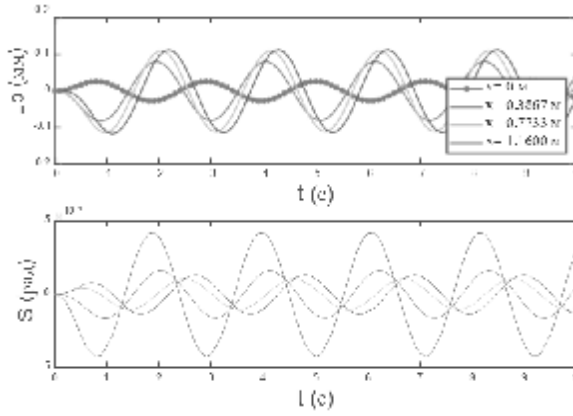
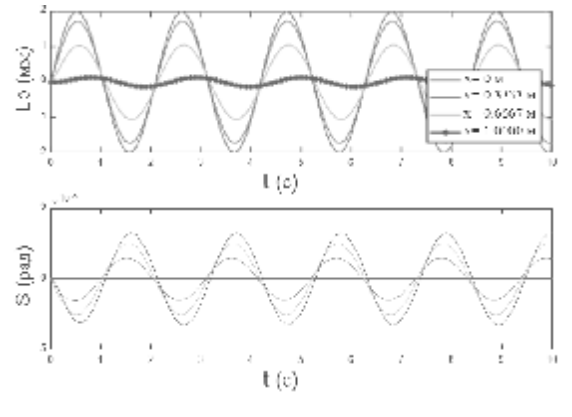
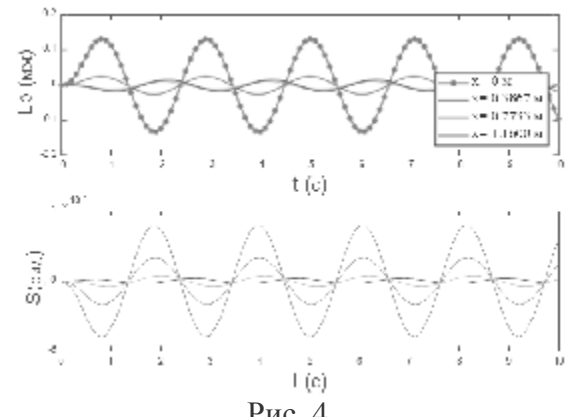
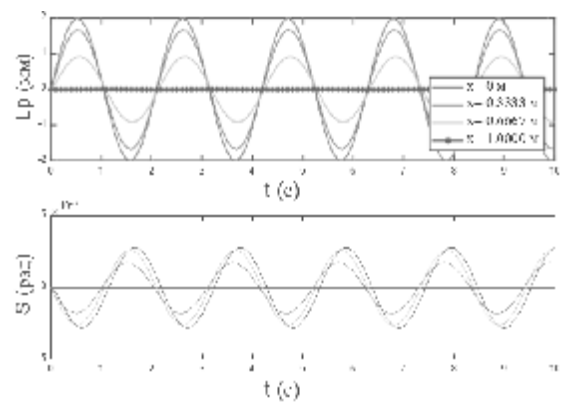
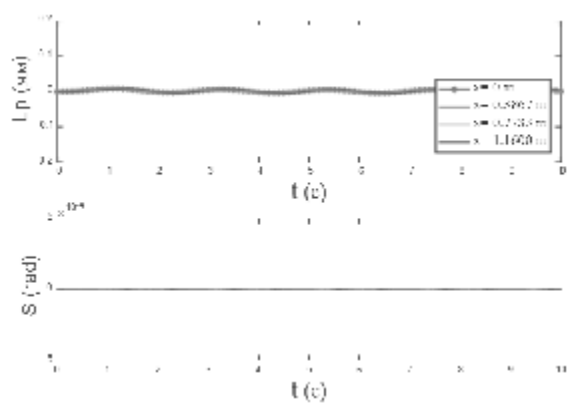
Інший ключовий аспект полягає в тому, що коли вихідний проліт не перпендикулярний вхідному прольоту (кут обтікання  $\beta$  не дорівнює  $90^\circ$ ), тоді відбувається подвійне згинання і скручування в результаті обертання R2 в площині входу. Якщо вони перпендикулярні, то спостерігається лише скручування полотна. Нахил полотна на початку вихідного прольоту пов'язаний із кутом ролика на  $\partial y(t)/\partial x_{x1}=0=\theta_L(t)\cos\beta$ .

Внаслідок технологічних умов не завжди можливо підтримувати на R2 кут обгортання  $90^\circ$ . Вважаємо кут обертання на R2  $80^\circ$  і використовуємо пропорційні та інтегральні (ПІ) контролери (галузева практика) для всіх чисельних моделювань. Розглядається бічне позиціонування синусоїдального полотна на збурення величиною 2 мм на R1  $y_0=0,002\sin(3t)$  та контроль бічного положення у вихідному прольоті для трьох випадків, наведених нижче. Для кожного припущення визначимо коливання у бічному положенні та нахилі полотна у вихідному прольоті. Числовими значеннями прольоту полотна та напрямних параметрів, що використовуються при моделюванні, є:

- опорний натяг  $T=44,48$  Н,
- модуль зсуву  $G=1,062\times 10^9$  Па,
- швидкість транспортування  $v=2,54$  м/с,
- товщина полотна  $h=0,127$  мм,

- ширина полотна  $B_m$  від 137.16 мм ,
- модуль еластичності полотна  $E=2,76 \times 10^9$  Па [5].

Таблиця 4.1. Розгортання бічного положення  $L_p$  та схилу  $S$  полотна вздовж вхідного та вихідного прольотів

	Вхідний проліт	Вихідний проліт, кут обертання $80^\circ$
Випадок 1	 <p>Рис.1</p>	 <p>Рис.2</p>
Випадок 2	 <p>Рис. 3</p>	 <p>Рис. 4</p>
Випадок 3	 <p>Рис.5</p>	 <p>Рис.6</p>

У випадку №1 розглядаємо існуючу стратегію управління ПІ-регулятором для керування бічним положенням полотна на R2 із зворотним зв'язком від датчика безпосередньо після R2, тобто при  $x_1=0$ . На рисунку 1 (табл.4.1) наведено реакцію бічного положення для різних місць у вході. Зрозуміло, що контролер може регулювати бічне положення полотна на ролику R2,  $y_L(t)$ , до нуля. Цей контролер, як правило, вважається задовільним у виробничій практиці, оскільки він забезпечує дуже хороше поперечне регулювання R2. На рисунку 2 (табл.4.1) наведено реакцію на збурення бічного положення та нахилу в різних місцях вихідного прольоту. Незважаючи на те, що поперечне положення на напрямному ролику регулюється на нулі, існує поширення поперечних коливань у прольотах за ходом руху.

У випадку №2 розглядаємо управління поперечним положенням полотна в точці  $x_1=L_{1/3}=0,3867$  м на довжині виходу з R2 з поперечним вимірюванням у цій точці як зворотний зв'язок для ПІ-регулятора RPG. На рисунку 3 (табл.4.1) наведено положення та нахил для різних точок вздовж вхідного прольоту для контролера нижче за течією R2 з кутом  $80^\circ$ . Точка управління - це друга точка на виході. Продуктивність цього контролера відрізняється від попереднього контролера подавача полотна тим, що бокове положення на направляючому ролику R2 є коливальним. Однак на рис.4 (табл.4.1) показано, що контролер здатний регулювати положення в заданій точці. Однак подальші коливання не усуваються.

У випадку №3 розглядаємо можливість управління бічним положенням і нахилом полотна незалежно, пропонуючи напрямний механізм на ролику R2, який дозволяє здійснювати вплив на ролик R2. Передбачається, що як бічне положення полотна, так і нахил вимірюються в точці  $x_1=L_{1/3}=0,3867$  м і використовуються зворотний зв'язок для відповідних контролерів ПІ. На рисунках 5 і 6 (табл.4.1) показано реакцію бічного положення полотна та нахилу в чотирьох різних точках вхідного та вихідного прольоту відповідно за рахунок незалежного контролю кута



ролика R2 та поперечного положення на основі вимірювання бічного положення та нахилу полотна, зроблених у точці  $x_1$  у вихідному діапазоні. З рис. 6 зрозуміло, що як бічне положення полотна, так і нахил полотна регулюються на нулі у всьому вихідному прольоті, і подальше поширення поперечного положення полотна або коливань схилу не поширюється нижче за течією.

Контроль поперечного положення та нахилу всередині прольотів (випадки 2 та 3) став можливим завдяки наявності бічних похідних просторових залежних передавальних функцій. Попередній підхід забезпечує лише положення на роликах, яке в моделюванні представлено лініями із позначенням зірочки. Ці чисельні моделювання на типовому шляху полотна в машині ілюструють переваги розроблених просторово залежних передавальних функцій для розуміння бічної поведінки в ідеальних, а також неідеальних ситуаціях.

Нові керуючі рівняння бічної поведінки полотна, які залежать від просторового положення вздовж прольоту, враховуючи як згинання, так і зсув. Використовуючи нормальні умови входу на вихідний ролик як граничні умови, ми врахували ефект контакту полотна/ролика у розв'язку керуючого рівняння. Очевидні переваги полягають у тому, що можна отримати еволюцію реакції бічного положення в будь-якому місці прольоту, а також усіх просторових часткових похідних вищого порядку, таких як нахил, момент, сила зсуву тощо. Крім того, для поліграфічного виробництва потрібно позиціонувати полотно точно в бічному та поздовжньому напрямках. Традиційні друкарські системи покладались виключно на поздовжню реєстрацію друкарських верстатів з декількома друкарськими одиницями. З метою досягнення точності реєстрації друку з точністю до декількох мікронів ця робота допоможе в більш точному аналізі бічної поведінки та полегшить проектування модельних систем бічного управління для досягнення жорсткого регулювання бічної реєстрації друку.

### 4.3 Аналіз інерційності барвникового апарата

Барвниковий апарат відрізняється інерційністю, і перехідний процес відбувається при регулюванні барвникового апарата, коли в якийсь момент різко, стрибкоподібно, змінюють кількість фарби, яка подавалися живильною групою в валикову (розкатну) групу. Внаслідок інерційності апарата ця зміна не відразу приводить до бажаного результату, відповідного до зміни товщини барвникового шару на формі матеріалу друку. Інерційність барвникового апарата вища із збільшенням у ньому валиків і циліндрів, а також із збільшенням їх діаметрів. На тривалість перехідного процесу можуть впливати також і загальна площа друкуючих елементів форми, і коефіцієнт переходу фарби з форми на матеріал. Облік цих факторів, принаймні, площі друкуючих елементів, повинен проводитися системами керування, що працюють в автоматичному й напівавтоматичному режимах.

Залежно від схеми барвникового апарата перехідний процес може тривати від 100 до 200 циклів роботи машини. Функцію, що описує перехідний процес при стрибкоподібному регулюванні апарата й використовувану в системах автоматичного керування, можна представити у вигляді

$$\Delta h(n) = \Delta h_0 \left( 1 - e^{-\frac{n}{N}} \right), \quad (4.24)$$

де  $\Delta h_0$  – товщина шару, на яку змінюють кількість подаваної в розкатну групу фарби;  $\Delta h(n)$  – зміна товщини шару на формі через  $n$  циклів;  $N$  – константа експоненти, тобто число циклів, що характеризує інерційність барвникового апарата й залежне від його схеми.

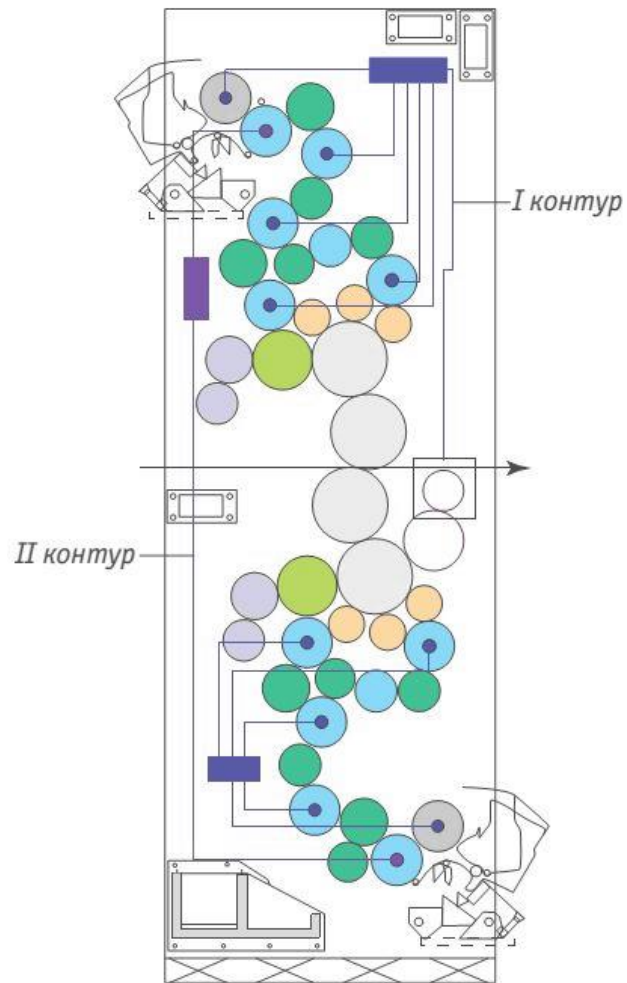


Рисунок 4.7 - Схема двоконтурної подачі розчину в барвниковий апарат

Відомо, що при експонентній залежності перехідний процес вважається закінченим після числа циклів, рівного  $3N=100-200$  циклів. Графік функції  $\Delta h$  наведений на рис. 4.8 у вигляді кривої 1.

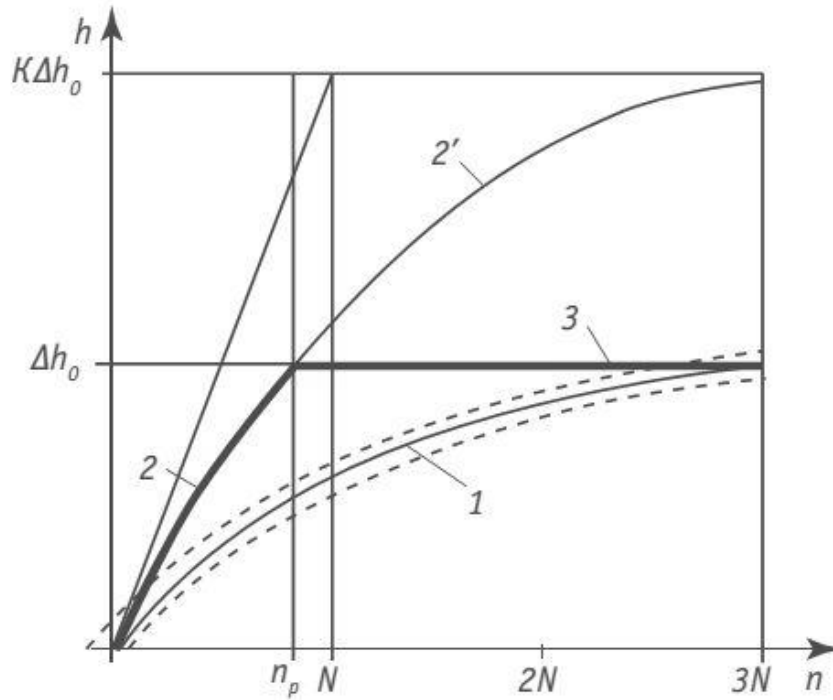


Рисунок 4.8 - Графіки перехідних процесів

Пунктирними лініями зображена область, що відбиває нерівномірність подачі фарби на форму. Час перехідного процесу можна скоротити, якщо на самому початку змінити подачу фарби не на необхідну величину  $\Delta h_0$ , а в  $K$  раз більше, тобто на  $K\Delta h_0$ , а потім зробити зворотну операцію, зменшуючи зміну в  $(K-1)$  разів.

Якби зворотної зміни не було, то процес зміни товщини фарби на відбитку йшов би по експоненті  $2-2'$  (рис. 4.8), яка виражається функцією

$$\Delta h(t) = K\Delta h_0 \left(1 - e^{-\frac{n}{N}}\right), \quad (4.25)$$

звідки знайдемо розрахункове число циклів  $n_p$ , при якому величина  $\Delta h(n) = \Delta h_0$ :

$$\Delta h_0 = K\Delta h_0 \left(1 - e^{-\frac{n}{N}}\right),$$

або

$$e^{-\frac{n}{N}} = \frac{K-1}{K}.$$

Звідси

$$n_p = -N \ln \frac{K-1}{K}.$$

Якщо через  $n_p$  циклів здійснити зворотну зміну подачі фарби на величину  $(K-1)\Delta h_0$ , то величина  $\Delta h(n)$  більше змінюватися не буде й процес піде по прямій 3. Оскільки  $n_p < 3N$ , то величина  $\Delta h_0$  виявить набагато швидше спрацювання, ніж за звичай. Графік такого процесу представлений на рис. 4.8 у вигляді кривої 2.

Досвідчені друкарі інтуїтивно давно вже застосовують цей спосіб, коли шпателем подають разово підвищену кількість фарби (при необхідності збільшити її подачу) на крайнього (до дуктора) циліндра розкатної групи. З рис.4.8 видно, що чим більше  $K$ , тем менше  $n_p$ . Однак не слід прагнути до дуже великого значення  $K$ , тому що це може викликати тимчасово сильну нерівномірність накату фарби на форму. Для наближеної кількісної оцінки значення  $n_p$  прийmemo  $3N=90-180$ , тобто  $N=30-60$  і  $K=3$ , тоді розрахункове число циклів

$$n_p = -(90 - 180) \ln \frac{2}{3} = 36 - 72 \ll 3N.$$

Таким чином, тривалість перехідного процесу при  $K=3$  зменшується майже в 3 рази в порівнянні із тривалістю цього процесу при звичайному способі регулювання.

Фахівці FOGRA встановили, що тривалість перехідних процесів у барвниковому апараті залежить від площі заповнення форми друкуючими елементами. Чим менше друкуючих елементів, тим довше перехідний процес і, отже, більші втрати. Були вироблені рекомендації, згідно з якими після зміни подачі фарби необхідно віддрукувати певну кількість відбитків, щоб дочекатися позитивних результатів.

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розробка алгоритмів роботи системи керування

Розглянемо граму, яка може здійснювати контроль розгону і гальмування двигуна з постійним прискоренням, а також обертання на постійній швидкості в повнокроковому чи напівкроковому режимі. Ця програма містить весь необхідний набір функцій і може бути використана як база для написання спеціалізованих програм. Тому має сенс розглянути її структуру більш докладно.

Головною задачею програми є формування імпульсних послідовностей для 4-х обмоток двигуна. Оскільки для цих послідовностей тимчасові співвідношення є критичними, формування виконується в оброблювачі переривання таймера 0. Основну роботу програма робить саме в цьому оброблювачі. Блок-схема оброблювача приведена на рис.51.

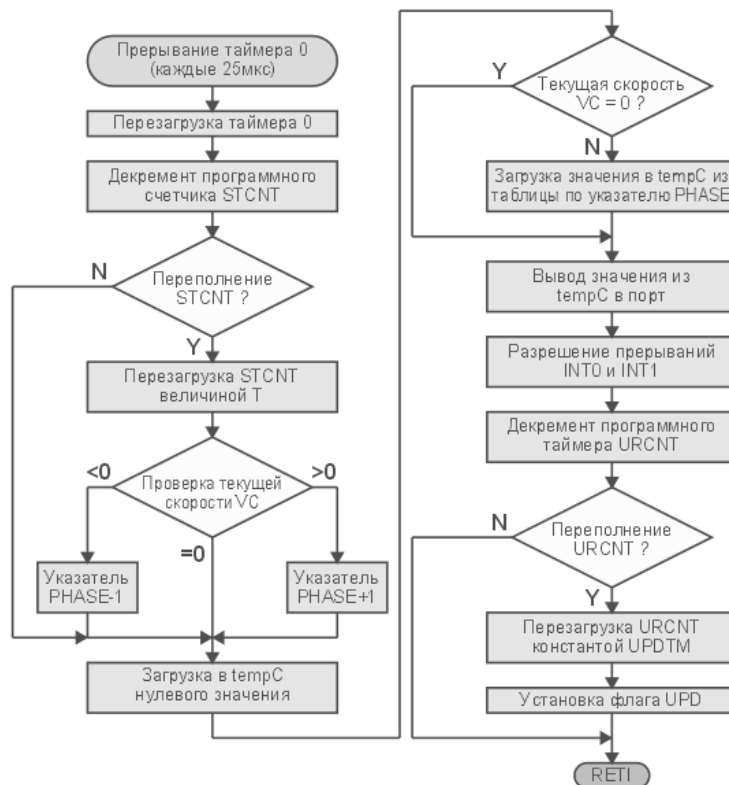


Рисунок 5.1 – Блок-схема оброблювача переривання таймера 0.

Зручніше використовувати таймер 1, тому що він 16-розрядний і здатний викликати періодичні переривання по збігу з автоматичним обнуленням. Однак він зайнятий формуванням за допомогою ШПМ опорної напруги для компараторів. Тому приходиться перезавантажувати таймер 0 у перериванні, що вимагає деякого коректування величини, що завантажується, і викликає деякий джиттер, що, однак, на практиці не заважає. У якості основної тимчасової бази обраний інтервал 25мкс, що і формується таймером. З такою дискретністю можуть формуватися тимчасові послідовності фаз, такий же період має і ШПМ стабілізації струму у фазах двигуна.

Для формування періоду повторення кроків використовується програмний 16-розрядний таймер STCNT. На відміну від таймера 0, його завантажувальна величина не є константою, тому що саме вона визначає швидкість обертання двигуна. Таким чином, переключення фаз відбувається тільки при переповненні програмного таймера.

Послідовність чергування фаз задана таблично. У пам'яті програм мікроконтролера маються три різних таблиці: для повнокрокового режиму без перекриття фаз, повнокрокового з перекриттям і для напівкрокового режиму. Усі таблиці мають однакову довжину 8 байт. Потрібна таблиця на початку роботи завантажується в ОЗУ, що дозволяє найбільше просто переходити між різними режимами роботи двигуна. Вибірка значень з таблиці відбувається за допомогою покажчика PHASE, тому переключення напрямку обертання двигуна теж здійснюється дуже просто: для обертання вперед потрібно інкрементувати покажчик, а для обертання назад – декрементувати.

«Головне» переміщення в програмі – це 24-бітна знакова перемінна VC, що містить значення поточної швидкості. Знак цієї перемінної визначає напрямок обертання, а значення – частоту проходження кроків. Нульове значення цієї перемінної говорить про те, що двигун зупинений. Програма в цьому випадку виключає струм усіх фаз, хоча в багатьох

додатках у цій ситуації потрібно залишити включеними поточні фази і лише декілька зменшити їхній струм, забезпечивши цим утримання положення двигуна. При необхідності така зміна логіки роботи програми зробити дуже просто.

Таким чином, у випадку переповнення програмного таймера STCNT відбувається аналіз значення перемінної VC, у випадку позитивного значення показчик PHASE інкрементується, а у випадку негативного – декрементується. Потім з таблиці вибирається чергова комбінація фаз, що виводиться в порт. У випадку нульового значення VC показчик PHASE не змінюється, і в порт виводяться всі нульові значення.

Величина T, яке варто завантажувати таймер STCNT, однозначно зв'язаний зі значенням перемінної VC. Однак переклад частоти в період займає досить багато часу, тому ці обчислення виробляються в основній програмі, і не на кожному кроці, а набагато рідше. Узагалі, ці обчислення потрібно періодично робити тільки під час чи розгону гальмування. В інших випадках швидкість, і, відповідно, період повторення кроків, не міняються.

Для здійснення ШПМ-стабілізації струму фази повинні періодично включатися, а потім, при досягненні струмом заданого рівня, виключатися. Періодичне включення виробляється в перериванні таймера 0, для чого навіть у випадку відсутності переповнення програмного таймера STCNT у порт виводиться поточна комбінація фаз. Відбувається це з періодом 25мкс (що відповідає частоті ШПМ 40кГц). Вимиканням фаз керують компаратори, виходи яких підключені до входів переривання INT0 і INT1. Переривання дозволяються після того, як струм фаз включається, і забороняються відразу після переключення компараторів. Це виключає їхню повторну обробку. В оброблювачах переривань відбувається тільки відключення відповідних фаз (рис. 5.2).





Рисунок 5.2 – Блок-схема оброблювача переривань INT0 і INT1

Процеси, що відбуваються при ШІМ-стабілізації струму, показані на рис. 5.3. Особливо слід зазначити, що струм у датчику струму має переривчастий

характер навіть у тому випадку, якщо струм обмотки не переривається. Це зв'язано тим, що під час спаду струму його шлях не проходить через датчик струму (а проходить через діод).

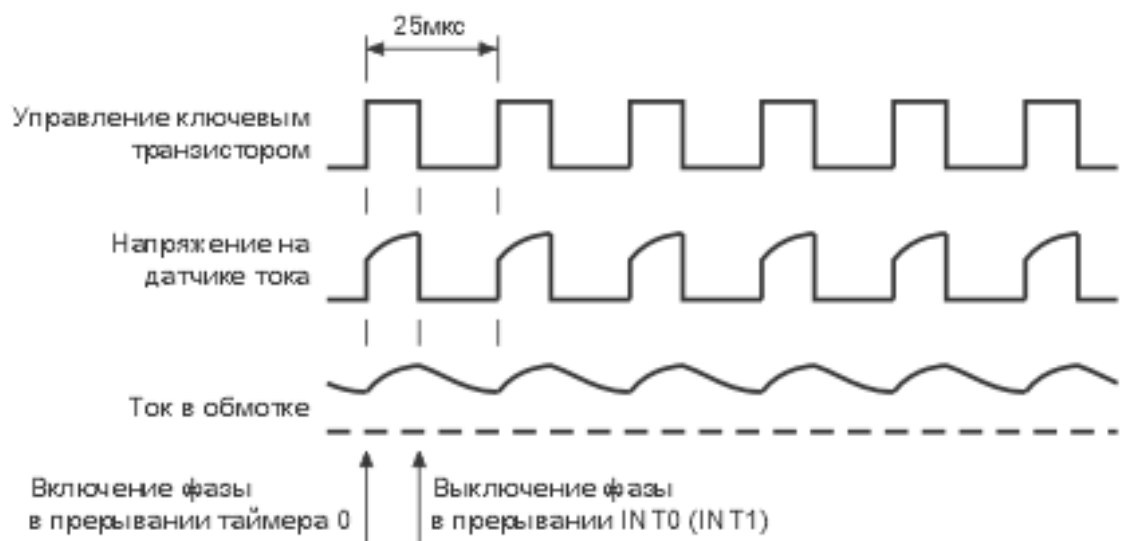


Рисунок 5.3 – Процес ШІМ-стабілізації струму.

Потрібно сказати, що аналогова частина системи ШІМ-стабілізації струму фаз двигуна є досить «примхливим». Справа в тім, що сигнал, що знімається з давача струму, містить велика кількість перешкод. Перешкоди виникають в основному в моменти комутації обмоток двигуна, причому як «свої», так і «чужої» фази. Для правильної роботи схеми потрібно

коректне розведення друкарської плати, особливо це стосується земляних провідників. Можливо, прийдеться підібрати номінали ФНЧ на вході чи компаратора навіть ввести в компаратор невеликий гистерезис. Як уже відзначалося вище, при керуванні малопотужними двигунами від ШІМ-стабілізації струму можна зовсім відмовитися, застосувавши звичайну L/R-схему живлення обмоток. Для виключення ШІМ-стабілізації досить просто не підключати входи INT0 і INT1 мікроконтролера, природно, при цьому можна взагалі не встановлювати компаратор і давачі струму.

У даній програмі періодичність обчислення нових значень швидкості і періоду обрана рівної 13.625мс. Таке значення обране не випадково. Цей інтервал складає  $1/64$ з, а головне, він містить ціле число періодів переповнення таймера 0 (25мкс). Зручно, якщо значення швидкості і прискорення задаються в природних одиницях, тобто в кроках у секунду й у кроках, ділених на секунду в

квадраті. Для того щоб мати можливість у цілочисельній арифметиці обчислювати миттєву швидкість 64 рази в секунду, потрібно перейти до внутрішнього представлення швидкості, збільшеному в 64 рази. Множення і розподіл на 64 зводиться до звичайних зрушень і тому вимагає дуже мало часу. Задану періодичність обчислень забезпечує ще один програмний таймер UR CNT, що декрементується в перериванні таймера 0 (раз у 25мкс). Цей таймер завжди завантажуються постійною величиною, що забезпечує незмінний період його переповнень, рівний 13.625мс. При переповненні цього таймера встановлюється бітовий прапор UPD, що сигналізує основній програмі, що «пора оновити значення швидкості і періоду».

Основна програма (рис.5.4) виконує обчислення миттєвих значень швидкості і періоду проходження кроків, забезпечуючи необхідну криву розгону. У даному випадку розгін і гальмування здійснюються з постійним прискоренням, тому швидкість міняється лінійно. Період при цьому

мінється по гіперболічному закону, і його обчислення – основна робота програми.

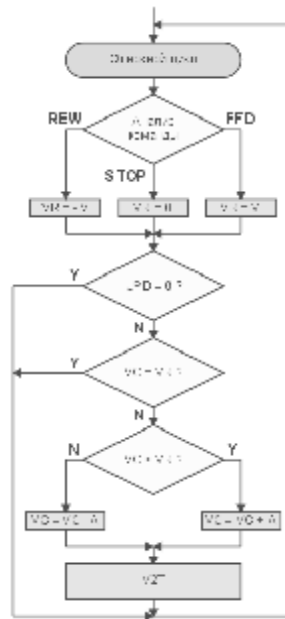


Рисунок 5.4 – Блок-схема основного циклу програми.

Відновлення значень швидкості і періоду проходження кроків основна програма робить періодично, періодичність задається прапором UPD. Відновлення програма робить на основі порівняння значень двох перемінних: миттєвої швидкості  $VC$  і необхідної швидкості  $VR$ .

Значення необхідної швидкості також визначається в основній програмі. Це робиться на основі аналізу керуючих сигналів і сигналів з кінцевих вимикачів. У залежності від цих сигналів, основна програма завантажує перемінну  $VR$  значенням необхідної швидкості. У даній програмі це  $V$  для руху вперед,  $-V$  для руху назад і  $0$  для зупинки. У загальному випадку, набір швидкостей (а також прискорень і струмів фаз) може бути як завгодно великим, у залежності від вимог.

Якщо швидкості  $VC$  і  $VR$  рівні, виходить, кроковий двигун працює в стаціонарному режимі і відновлення не потрібно. Якщо ж швидкості не рівні, то значення  $VC$  із заданим прискоренням наближається до  $VR$ , тобто двигун прискорюється (чи сповільнюється) до досягнення номінальної швидкості. У випадку, коли навіть знаки  $VR$  і  $VC$  відрізняються, двигун

сповільнюється, реверсується і потім досягає необхідної швидкості. Відбувається це завдяки структурі програми.

Якщо при черговій перевірці виявляється, що швидкості VR і VC не рівні, то до значення VC додається (чи віднімається) значення прискорення А. Якщо в результаті цієї операції відбувається перевищення необхідної швидкості, то отримане значення коректується шляхом заміни на точне значення необхідної швидкості.

Потім відбувається обчислення періоду Т (рис. 5.5).

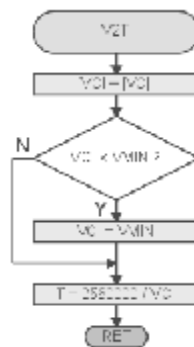


Рисунок 5.5 – Блок-схема підпрограми обчислення періоду.

Спочатку обчислюється модуль поточної швидкості. Потім відбувається обмеження мінімальної швидкості. Це обмеження необхідне по двох причинах. По-перше, нескінченно малої швидкості відповідає нескінченно великий період, що викликає помилку в обчисленнях. По-друге, крокові двигуни мають досить протяжну по швидкості зону старту, тому немає необхідності стартувати на дуже маленькій швидкості, тим більше що обертання на малих швидкостях викликає підвищений шум і вібрацію. Значення мінімальної швидкості VMIN повинне вибиратися виходячи з конкретної задачі і типу двигуна. Після обмеження мінімальної швидкості виробляється обчислення періоду по формулі  $T=2560000/|VC|$ . На перший погляд формула не очевидна, але якщо врахувати, що період необхідно одержати в 25мкс-інтервалах, а внутрішнє представлення VC – це помножене на 64 її щире значення, те усі стає на свої місця. При обчисленні Т потрібно операція без знакового розподілу формату 24/24, що AVR на тактовій частоті 10МГц робить приблизно за 70мкс. З огляду на,

що обчислення періоду відбуваються не частіше, ніж один раз у 13.625мс, завантаження процесора виходить дуже низкою. Основне завантаження робить переривання таймера 0, та й воно в основному виконується по короткій гілці (без переповнення STCNT) тривалістю приблизно 3мкс, що відповідає 12%-й завантаженню процесора. Це означає, що маються значні резерви обчислювальних ресурсів.

## 5.2 Система команд мікро-ЕОМ

Мікро-ЕОМ розглянутого сімейства є типовими мікропроцесорними пристроями з архітектурою SISC - зі стандартним набором команд. Тому їхня система команд досить велика і містить у собі 111 основних команд. Їхня довжина – один, два чи три байти, причому більшість з них (94%) – одно- чи двобайтні. Усі команди виконуються за один чи два машинних цикли (відповідно 1 чи 2 мкс при тактовій частоті 12 МГц), виключення – команди множення і розподіли, що виконуються за чотири машинних цикли (4 мкс). Мікро-ЕОМ сімейства 8051 використовують пряму, безпосередню, непряму і неявну, адресацію даних.

У якості операндів команд мікро-ЕОМ сімейства 8051 можуть використовувати окремі біти, чотирьохбітні цифри, байти і двобайтні слова.

Усі ці риси звичайні для набору команд будь-якого SISC-процесора і у порівнянні з RISC набором команд забезпечує велику компактність програмного коду і збільшення швидкодії при виконанні складних операцій.

У той же час, набір команд сімейства 8051 має кілька особливостей, зв'язаних з типовими функціями виконуваними мікроконтролерами - керуванням, для якого типовим є оперування з однорозрядними

двійковими сигналами, велике число операцій вводу виводу і розгалужень програми.

Найбільш істотна особливість системи команд розглянутих мікро ЕОМ це можливість адресації окремих біт у резидентної пам'яті даних. Крім того, як відзначалося, деякі регістри блоку регістрів спеціальних функцій також допускають адресацію окремих біт. Карти адрес окремих біт у резидентної пам'яті даних і в блоці регістрів спеціальних функцій.

Усього мікро-ЕОМ виконують 13 типів команд, вони приведені в таблиці. Як впливає з її, перший байт команди завжди містить код операції (КОП), а другий і третій (якщо вони присутні в команді) – адреси операндів чи їх безпосередні значення.

Таблиця 5.1 - Типи команд

Тип команди	Перший байт D7...D0	Другий байт D7...D0	Третій байт D7...D0
тип 1	коп		
тип 2	коп	#d	
тип 3	коп	ad	
тип 4	коп	bit	
тип 5	коп	rel	
тип 6	коп	a7...a0	
тип 7	коп	ad	#d
тип 8	коп	ad	rel
тип 9	коп	ads	add
тип 10	коп	#d	rel
тип 11	коп	bit	rel
тип 12	коп	ad16h	ad16l
тип 13	коп	#d16h	#d16l

## Типи операндів

Склад операндів містить у собі операнди чотирьох типів: біти, 4-бітні цифри, байти і 16-бітні слова.

Мікроконтролер має 128 програмно-керованих прапорів користувача. Є також можливість адресації окремих бітів блоку регістрів спеціальних функцій і портів. Для адресації бітів використовується пряма 8-бітна адреса (bit). Непряма адресація бітів неможлива. Карти адрес окремих бітів представлені на мал. 6 .

Чотирьохбітні операнди використовуються тільки при операціях обміну SWAP і XCHD.

Восьмибітним операндом може бути комірка пам'яті програм (ПП) чи даних (резидентної (РПД) чи зовнішньої (ВПД)), константа (безпосередній операнд), регістри спеціальних функцій, а також порти вводу/виводу. Порти і регістри спеціальних функцій адресуються тільки прямим способом. Байти пам'яті можуть адресуватися також і непрямим образом через адресні регістри R0, R1, DPTR і PC.

Двохбайтні операнди - це константи і прямі адреси, для представлення яких використовуються другий і третій байти команди.

## Групи команд

Система команд сімейства MCS-51 містить 111 базових команд, що по функціональній ознаці можна підрозділити на п'ять:

- пересилання даних;
- арифметичних операцій;
- логічних операцій;
- операцій над бітами;
- передачі керування.

Формат команд - одно-, дво- і трьохбайтовий, причому більшість команд (94) мають формат один чи два байти. Перший байт будь-яких типу і

формату завжди містить код операції, другий і третій байти містять або адреси операндів, або безпосередні операнди.

Склад операндів містить у собі операнди чотирьох типів: біти, нібли (4 розряди), байти і 16-бітні слова. Час виконання команд складає 1, 2 чи 4 машинних цикли. При тактовій частоті 12 мГц тривалість машинного циклу складає 1 мкс, при цьому 64 команди виконуються за 1 мкс, 45 команд - за 2 мкс і 2 команди (множення і розподіл) - за 4 мкс.

Набір команд MCS-51 підтримує наступні режими адресації.

Пряма адресація (Direct Addressing). Операнд визначається 8-бітною адресою в інструкції. Ця адресація використовується тільки для внутрішньої пам'яті даних і регістрів SFR.

Непряма адресація (Indirect Addressing). У цьому випадку інструкція адресує регістр, що містить адресу операнда. Даний вид адресації може застосовуватися при звертанні як до внутрішнього, так і зовнішньому ОЗП. Для вказівки 8-бітних адрес можуть використовуватися регістри R0 і R1 обраного реєстрового чи банку покажчик стека SP.

Для 16-бітної адресації використовується тільки регістр "покажчик даних" (DPTR - Data Pointer).

Реєстрова адресація (Register Instruction). Дана адресація застосовується для доступу до регістрів R0+R7 обраного банку. Команди з реєстровою адресацією містять у байті коду операції трьохбітне поле, що визначає номер регістра. Вибір одного з чотирьох реєстрових банків здійснюється програмуванням бітів селектора банку (RS1, RS0) у PSW.

Безпосередня адресація (Immediate constants). Операнд міститься безпосередньо в полі команди слідом за кодом операції і може займати один чи два байти (data<sub>8</sub>, data<sub>16</sub>).

Індексна адресація (Indexed Addressing). Індексна адресація використовується при звертанні до пам'яті програм і тільки при читанні. У цьому режимі здійснюється перегляд таблиць у пам'яті програм. 16-бітовий регістр (DPTR чи PC) указує базова адреса необхідної таблиці, а акумулятор



указує на крапку входу в неї. Адреса елемента таблиці знаходиться додаванням бази з індексом (вмістом акумулятора).

Інший тип індексної адресації застосовується в командах "переходу на вибір" (Case Jump). При цьому адреса переходу обчислюється як сума покажчика бази й акумулятора.

Неявна адресація (Register-Specific Instructions). Деякі інструкції використовують індивідуальні регістри (наприклад, операції з акумулятором, DPTR), при цьому дані регістри не мають адреси, що вказує на них; це закладено в код операції.

### **5.3 Програмні засоби мікроконтролерів**

До програмних засобів мікроконтролерів MCS-51 відносяться:

- Дизасемблери для MCS-51
- Інтегроване відналагоджувальне середовище ProView для мікроконтролерів сімейства MCS-51, 251, XA
- Інтегроване відналагоджувальне середовище mVision2
- Інтегроване відналагоджувальне середовище для ADu812
- Компілятори з мови асемблер для мікроконтролерів сімейства MCS-51
- Бібліотека для роботи з числами з плаваючою комою (2,5 Kb)

Дизасемблери MCS-51. Дизасемблер призначений для перетворення коду мікроконтролерів, що виконується, MCS-51 у текст програми мовою асемблера.

Формати вхідних даних: HEX, OBJ, BIN.

Робота здійснюється за допомогою системи меню.

Підтримуються процесори: 8051/8031, 8052/8032, 80512/80532, 80(C)515/80(C)535, 80C517/80C537, 80C515A/80C535A, 80C517A/80C537A, 8035/8048/8041, z80 а також їх модифікації.

Інтегроване відладочне середовище ProView для мікроконтролерів сімейства MCS-51, 251, XA

ProView фірми Franklin Software Inc. – інтегроване середовище розробки програмного забезпечення для однокристальних мікроконтролерів сімейства Intel 8051 і його клонів. Вона містить у собі усе, що потрібно для створення, редагування, компіляції, трансляції, компонування, завантаження і налагодження програм:

- стандартний інтерфейс Windows,
- повнофункціональний редактор вихідних текстів з виділенням синтаксичних елементів кольором,
- організатор проекту,
- транслятор з мови C,
- асемблер,
- відладчик,
- вбудовану довідкову систему.

Середовище розробки подібне Visual C++ Microsoft і Borland C++ для Windows. Перший етап розробки програми – запис її вихідного тексту на якій-небудь мові програмування. Потім здійснюється чи компіляція трансляція його в коди із системи команд мікроконтролера, використовуючи чи транслятор асемблер. Транслятори й асемблери – прикладні програми, що інтерпретують текстовий файл, що містить вихідний текст програми, і створюють об'єктні файли, що містять об'єктний код. Після компонування об'єктних модулів настає етап налагодження програми, усунення помилок, оптимізації і тестування програми.

ProView поєднує всі етапи розробки прикладної програми в єдиний рекурсивний процес, коли в будь-який момент часу можливе швидке повернення до будь-якому попередньому етапу.

Розглянемо компоненти ProView. Оптимізуючий крос-компілятор C51.

Мова C - універсальна мова програмування, що забезпечує ефективність коду, елементи структурного програмування і має багатий набір

операторів. Універсальність, відсутність обмежень реалізації роблять мова C зручним і ефективним засобом програмування для широкої розмаїтості задач. Безліч прикладних програм може бути написане легше й ефективніше мовою C, чим на інші більш спеціалізованих мовах.

C51 - повна реалізація стандарту ANSI (Американського національного інституту стандартів), наскільки це можливо для архітектури Intel 8051. C51 генерує код для всього сімейства мікроконтролерів Intel 8051. Транслятор сполучить гнучкість програмування мовою C з ефективністю коду і швидкодією асемблера.

Використання мови високого рівня C має наступні переваги над програмуванням на асемблері:

- глибокого знання системи команд процесора не потрібно, елементарне знання архітектури Intel 8051 бажано, але не необхідно;
- розподіл регістрів і способи адресації керуються цілком транслятором;
- краща читаність програми, використовуються ключові слова і функції, що більш властиві людській думки;
- час розробки програм і їхнього налагодження значно коротше в порівнянні з програмуванням на асемблері;
- бібліотечні файли містять багато стандартних підпрограм, що можуть бути включені в прикладну програму;
- існуючі програми можуть багаторазово використовуватися в нових програмах, використовуючи модульні методи програмування.

Асемблер A51 сполучимо з ASM51 Intel для всього сімейства мікроконтролерів Intel 8051. Асемблер трансліює символічну мнемоніку в переміщуваний об'єктний код, що має високу швидкодію і малий розмір.

Макрозасоби прискорюють розробку і заощаджують час, оскільки загальні послідовності можуть бути розроблені тільки один раз. Асемблер підтримує символічний доступ до всіх елементів мікроконтролера і перебудовує конфігурацію для кожного різновиду Intel 8051.

A51 трансліює вихідний файл асемблера в переміщуваний об'єктний модуль. При чи налагодженні при включеній опції “Include debugging information” цей об'єктний файл буде містити повну символічну інформацію для відладчика/ чи імітатора всередині схемного емулятора.

Компоновщик L51 поєднує один чи кілька об'єктних модулів в одну програму, що виконується. Компоновщик розміщає зовнішні і загальні посилання, призначає абсолютні адреси переміщуваним сегментам програм. Він може обробляти об'єктні модулі, створені транслятором C51, асемблером A51, транслятором PL/M-51 Intel і асемблером ASM51 Intel.

Компоновщик автоматично вибирає відповідні бібліотеки підтримки і зв'язує тільки необхідні модулі з бібліотек. Установки за замовчуванням для L51 обрані так, щоб вони підходили для більшості прикладних програм, але можна визначити і замовлені установки.

Відладчик/симулятор WinSim51 вихідних текстів використовується з транслятором C51, асемблером A51, транслятором PL/M-51 Intel і асемблером ASM51 Intel. Відладчик/симулятор дозволяє моделювати більшість особливостей Intel 8051 без наявності апаратних засобів. Можна використовувати його для перевірки і налагодження прикладної програми перш, ніж будуть виготовлені апаратні засоби. При цьому моделюється широка розмаїтість периферійних пристроїв, включаючи послідовний порт, зовнішні вводи - виводи і таймери.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **6.1 Вентиляції та заходи щодо обмеження виробничого шуму та вібрації**

Одне з найважливіших завдань на виробництві – організація повітряно-температурного клімату. Для цього є наступні пристрої:

- вентиляційні системи (загальнообмінні, місцеві, технологічні);
- системи охолодження та обігріву;
- пристрої для зволоження та ароматизації та дезінфекції;
- системи кондиціонування.

Будова, склад і експлуатація систем вентиляції мають відповідати ГОСТ 12.4.021-75 «Системи вентиляційні», СНиП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Мікроклімат виробничих приміщень визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості й швидкості руху повітря, а також температурою оточуючих поверхонь.

Параметри мікроклімату оптимальні і допустимі показники температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюється для робочої зони виробничих приміщень з урахуванням надлишків тепла, важкості виконуваної роботи й сезонів року у відповідності ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» .

Для забезпечення встановлених норм мікроклімату і підтримки чистоти повітря в виробничих приміщеннях застосовують вентиляцію. Основне завдання вентиляції - вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже. Усунення шкідливих газів, парів, аерозолів і пилу, які утворюються на дільницях проводиться через місцеву і загальнообмінну вентиляцію з штучним спонуканням. В дільниці друку повітря може бути забруднене парами розчинників, фарби, солей та багатьох інших

хімічних реактивів.

Кількість припливного повітря має відповідати нормам, встановленим СНиП 2.04.05-91.

У виробничих приміщеннях, де виділяються шкідливі речовини або речовини з неприємним запахом, об'єм витягнутого повітря повинен бути більший за об'єм припливного повітря на 10%. При цьому розрідження має бути не менше 10 Па (1 кгс/м<sup>2</sup>) по відношенню до тиску в приміщенні (при зачинених дверях), але не менше 100 м<sup>3</sup>/год на кожні двері захищеного приміщення.

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати ГДК, контроль за концентрацією шкідливих речовин проводиться в залежності від класу небезпеки шкідливих речовин. Гранично допустимі концентрації в повітрі робочої зони наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Гранично допустимі концентрації в повітрі робочої зони

N з/п	Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан
1.	Аміак	5	2	пари
2.	Ацетон	200	4	пари
3.	Бензин-розчинник	300	4	пари
4.	Кислота сірчана	1	2	аерозоль
5.	Окис вуглецю	20	4	пари
6.	Спирт етиловий	1000	4	пари

Одним із негативних факторів, що впливають на працю, є шум і вібрація. Інтенсивний шум, є загально-біологічним подразником, впливає на енергетичний баланс організму, викликає різноманітні порушення обміну речовин (змінюються стан центральної нервової та серцево-судинної

системи, з подальшим зниженням звуку).

Вібрація являє собою серйозну небезпеку. Довгий її вплив на організм викликає вібраційну хворобу, яка ушкоджує центральну нервову систему, що викликає часткову або повну втрату працездатності.

Значення показників шуму і вібрації не повинні перевищувати максимально допустимих значень, які встановлено для вібрації ГОСТ 12.1.012-90 «Вібрація, загальні вимоги безпеки» та для шуму ДСН 3.3.6.039-99. У таблиці 6.2 наведені норми шуму на виробничих дільницях.

Таблиця 6.2 Норми шуму у виробничих дільницях

Дільниці	Рівні звукового тиску дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівень звуку дБ (А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Дільниця виготовлення	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Методи захисту від шуму:

- боротьба з шумом в джерелі виникнення. Це найбільш дієвий спосіб боротьби. Створюються мал шумні механічні передачі розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах:

- зниження звукопоглинанням та звукоізоляцією. Об'єкт (компресор) розташовують в ізольованому приміщенні на звукоізольованому фундаменті;

- зниження акустичною обробкою приміщення. Акустична обробка передбачає вкривання стелі та верхньої частини стін звукопоглинальним матеріалом;

- використання засобів індивідуального захисту. Захист органів слуху за допомогою вушних заглушок, навушників.

Загальні методи боротьби з вібрацією базуються на аналізі рівнянь, котрі описують коливання машин у виробничих приміщеннях і класифікуються наступним чином: зниження вібрації в джерелі виникнення; відлагодження від режиму резонансу; вібродемпферування; віброгасіння; віброізоляція та засоби індивідуального захисту.

Зниження вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Тому ще на стадії проектування машин та механічних пристроїв потрібно вибирати кінематичні схеми, в котрих динамічні процеси, викликані ударами цих прискорень, були б виключені або знижені. При відлагодженні від режиму резонансу, резонансні режими обладнання, усувають двома способами: зміною характеристик системи або встановлення іншого режиму роботи.

Вібродемпфування реалізується шляхом перетворення енергії механічних коливань коливної системи в теплову енергію. Добре демпфірують коливання мастильні матеріали. Для динамічного гасіння коливань використовуються динамічні віброгасії пружинні, маятникові, ексцентрикові, гідравлічні. Також для зниження використовують ударні віброгасії маятникового, пружинного і плаваючого типів. Віброізоляція реалізується шляхом встановлення джерела вібрації на віброізолятори. Застосовуються пружні прокладки у вузлах кріплення повітропроводів, в перекриттях, несучих конструкціях, будівель в ручному механізованому інструменті.

Засоби індивідуального захисту використовуються в разі, коли розглянуті не дозволяють знизити рівень вібрації до норми. Для захисту рук використовують рукавиці, вкладиші, прокладки. Для захисту ніг - спеціальне взуття, підметки, наколінники. Для захисту тіла - нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

Наявність обладнання, що є джерелом шуму, потребує використання спеціальних покриттів із звукопоглинаючими властивостями для облицювання стелі і стін приміщень, де воно встановлено.



## 6.2 Заходи електробезпеки та пожежної безпеки

Спорудження та експлуатація електроустановок на підприємстві здійснюється відповідно до вимог ПУЕ, ДНАОП 0.00-1.21-84 «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.1.019-79 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту». На всі електроустановки існує технічна документація за якою дозволяється їх експлуатація.

Застосовані в електроустановках захисні заходи умовно поділяються на дві групи: ті, що забезпечують безпеку при нормальному режимі роботи електроустановок і ті, що забезпечують безпеку при аварійному режимі роботи.

Вибір електрообладнання (електродвигунів, апаратів і приладів, світильників), виду електропроводок, вибір проводів і кабелів та способів їх прокладання здійснюється в залежності від характеру виробничого середовища, категорії пожежної небезпеки та класу пожежо-вибухонебезпечних приміщень. Всі дані щодо класифікації приміщень підприємства за стан середовища, пожежної небезпеки і степені небезпеки ураження струмом наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 Класифікації приміщень підприємства за стан середовища, пожежної небезпеки і степені небезпеки ураження електричним струмом

Дільниці	Характеристика середовища в приміщенні	Категорія вибухопожежної небезпеки	Категорія небезпеки ураженням електричним струмом
Дільниця виготовлення	Хімічноактивна	Д	ЗН

За характером середовища:

- нормальні – сухі приміщення, в котрих відсутні ознаки жарких та запилених приміщень та приміщень з хімічно-активним середовищем;
- запилені - наявний в приміщенні пил який виділяється, осідає на дротах та проникає в середину машин, апаратів;
- з хімічно-активним середовищем - в приміщенні постійно або протягом тривалого часу міститься пара або відкладаються відкладення, котрі руйнівню діють на ізоляцію та струмопровідні частини обладнання.

Клас вибухопожежної безпеки:

ПЗ - приміщення із збільшеною безпекою.

Категорія вибухопожежної безпеки та пожежонебезпеки:

Д - приміщення в яких знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стаю.

В – пожежонебезпечна, приміщення в яких знаходяться речовини і матеріали які здатні при взаємодії з водою, киснем чи один з одним тільки горіти.

Захист працюючих в цих приміщеннях передбачає проведення таких заходів як покриття ізоляцією всіх кабелів (ізоляція запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору), застосування захисного заземлення, для запобігання утворення і захисту від статичного електричного заряду необхідно використати нейтралізатори та зволожувачі антистатичні покриття. У випадку порушення ізоляції потребує застосування захисного заземлення, занулення і захисного відключення. Для ізольованих дротів які під напругою більше 1000 В, як захист безпеки, використовують огорожувальні пристрої (кожухи, щити, ізолюючі накладки, ізолюючі ковпаки). Крім того для забезпечення безпеки необхідно розміщувати струмоведучі частини на недосяжній висоті.

Пожежна безпека повинна забезпечуватись шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на попередження

пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення.

Згідно ОНТП 24-86 «Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній безпеці» дільниця друку відноситься до категорії пожежної небезпеки Д. Система попередження пожеж включає два основні напрямки:

Запобігання формування горючого середовища (застосування герметичного устаткування; заміна, в технологічних процесах, горючих речовин негорючими; правильне використання і зберігання горючих речовин) запобігання виникненню в горючому середовищі джерела запалювання (використовувати пристрої, при роботі яких не виникає джерела запалювання; установки повинні відповідати пожежній безпеці зон і задовольняти вимоги електростатичної іскробезпеки)

На підприємстві встановлений протипожежний режим, де визначено: місце паління, прядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювання), місця для зберігання різних матеріалів. Пожежна безпека будівель забезпечується правильним і вибором необхідного ступеню вогнетривкості будівельних конструкцій, об'ємно — планувальним вирішенням, застосуванням протипожежних переходів, дверей і воріт, а також спеціальних заходів, що забезпечують гасіння пожежі.

У будівлях організовано, на випадок пожежі, можливість евакуації людей із приміщення через евакуаційні виходи. Евакуаційні виходи (не менше двох) розташовані розсереджено. Мінімальна ширина шляхів евакуації - не менше 1 м, дверей - 0,8 м.

Згідно з СНіП 2.04.02-85 «Будівельні норми і правила» та СНіП 2.04.01-85 «Внутрішній водопровід і каналізація» на підприємстві передбачено систему протипожежного водопостачання для систем і техніки пожежогасіння. Для подачі води в ці системи в приміщенні мають розташовуватись водопроводи. Постійний тиск води в водопроводі підтримується пневматичними установками. Мережі протипожежного

водогону повинні забезпечувати потрібну за нормами витрату та напір води.

Для ліквідації пожежі на початковій стадії на внутрішній водопровідній мережі повинні бути встановлені внутрішні пожежні крани. Пожежні крани встановлюються у доступних місцях, їх розміщення не повинно заважати евакуації. Кожен пожежний кран споряджається прогумованим рукавом та пожежним стволем. Довжина рукава - 10 -20 м. Продуктивність кожного крану не менше ніж 2,5 л/с. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння беруться в залежності від ступеня вогнестійкості будівель, їх об'єму,

Норма витрат води на внутрішнє пожежогасіння приймається:

- для виробничих приміщень - із розрахунку двох струменів продуктивністю не менше 2,5 л/с;
- для допоміжних споруд - із розрахунку одного струменя продуктивністю не менше 2,5 л/с;
- для складів або приватних будинків, розміщених з врахуванням протипожежних перепон і об'ємом більше 25000 м<sup>3</sup> - із розрахунку двох струменів продуктивністю не менше 2,5 л/с кожна, а при об'ємі менше 25000 м<sup>3</sup> - із розрахунку одного струменя продуктивністю не менше 2,5 л/с;
- для будинків, які влаштовані спринклерними і дренчерними системами - із розрахунку одного струменя продуктивністю не менше 2,5 л/с.

Для запобігання пожежі на окремих ділянках виробництва з пожежонебезпечним виробництвом застосовують засоби пожежної автоматики-установки електричної пожежної сигналізації, встановлюють спринклерні та дренчерні установки пожежогасіння, використовують первинні засоби пожежогасіння.

Площа змочування одним спринклером становить від 9 до 12 м<sup>2</sup>, а інтенсивність подачі води - 0,1 л/с м<sup>2</sup>. Дренажні установки обладнані розбризкувальними головками, які постійно відкриті. Вода подається вручну або автоматично при спрацюванні пожежних датчиків, котрі відкривають клапан групової дії.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники типу вуглекислотні; газові; порошкові; комбіновані, пожежний інвентар та пожежний інструмент. Пожежний інвентар та інструменти розміщуються на спеціальних щитках (один щит на 5000 м<sup>2</sup>). Щити забезпечують захист вогнегасників і інвентарю. Вогнегасники потрібно встановлювати у легкодоступних та помітних місцях, а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі, також коло місць розташування вогнегасників слід розмістити наліпку з відповідним позначенням.

Підприємство забезпечене пожежною сигналізацією, сповіщувачами комбінованого типу.

### **6.3 Вимоги до вентиляційних систем при експлуатації**

До експлуатації допускаються вентиляційні системи, що повністю пройшли пусконаладжувальні роботи, що й мають інструкції для експлуатації за ДСТ 2.601-95, паспорта, журнали ремонту й експлуатації.

В інструкції для експлуатації вентиляційних систем повинні бути висвітлені питання вибухо- і пожежобезпеки.

Планові огляди й перевірки відповідності вентиляційних систем вимогам справжнього стандарту повинні проводитися відповідно до графіка, затвердженого адміністрації об'єкта.

Профілактичні огляди приміщень для вентиляційного устаткування, очисних обладнань і інших елементів вентиляційних систем, що обслуговують приміщення із приміщеннями категорій А, Б и В, повинні проводитися не рідше одного разу в зміни із занесенням результатів огляду в журнал експлуатації. Виявлені при цьому несправності підлягають негайному усуненню.

Приміщення для вентиляційного устаткування повинні закриватися, і на їхніх дверях - вивішуватися таблички з написами, що забороняють вхід

стороннім особам. Не допускається зберігання в цих приміщеннях матеріалів, інструментів і інших сторонніх предметів.

У процесі експлуатації витяжних вентиляційних систем, що транспортують агресивні середовища, необхідно робити періодичну перевірку товщини стінок повітряних каналів вентиляційних обладнань і очисних споруджень. Періодичність і способи перевірки товщини стінок устанавлюються залежно від конкретних умов роботи вентиляційних систем. Перевірка повинна проводитися не рідше одного разу в рік.

Вентиляційні системи, що розташовуються в приміщеннях з агресивними середовищами, повинні проходити перевірку стану й міцності стінок і елементів кріплення повітряних каналів, вентиляційного обладнання і очисних споруджень у строки, устанавлювані адміністрацією об'єкта, але не рідше одного разу в рік.

Ревізію вогнеутримуючих самозакриваючих клапанів, зворотних клапанів в повітряних каналах вентиляційних систем і вибухових клапанів очисних споруд потрібно проводити строки, устанавлювані адміністрацією об'єкта, але не рідше одного разу в рік. Результати оформляються актом і заносяться в паспорти устанавок.

Експлуатація електроустаткування вентиляційних систем, струмоведучих частин і заземлень повинна проводитися згідно з вимогами "Правил технічної експлуатації електроустанавок споживачів і правил техніки безпеки при експлуатації електроустанавок споживачів".

Змащення рухливих деталей механізмів вентиляційних систем повинна здійснюватися тільки після повної їхньої зупинки. До місць змащення повинен бути забезпечений безпечний і зручний доступ.

При складанні планів реконструкції виробництва, пов'язаних зі зміною прийнятих технологічних схем, виробничих процесів і встаткування, повинні одночасно розглядатися питання про необхідність виміру існуючих вентиляційних систем або про можливість їх користування в нових умовах.

При зміні кількості, що виділяються шкідливих речовин, тепла й

вологи вентиляційні системи повинні бути реконструйовані й накладені на параметри відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 і будівельними нормами й правилами.

#### **6.4 Вимоги до вентиляційних систем при ремонті**

Усі види ремонту вентиляційних систем повинні виконуватися відповідно до графіка планово-запобіжних робіт з ремонту, затверджуваними адміністрацією об'єкта.

Ремонт місцевих витяжних вентиляційних систем слід робити одночасно із плановим ремонтом технологічного устаткування, що обслуговується цими системами.

Якщо намічені до ремонту вентиляційні системи пов'язані з іншими виробництвами або приміщеннями, їх вимикання допускається тільки після взаємного узгодження строків ремонту.

Ремонт і чищення вентиляційних систем повинні проводитися способами, що виключають можливість виникнення вибуху й пожежі.

Виробництво ремонтних робіт, робіт з переустаткування й чищенню вентиляційних систем, що обслуговують або розташованих у приміщеннях із приміщеннями категорій А, Б и В, дозволяється тільки після того, як концентрація вибухонебезпечних речовин у повітропроводах цих приміщень і приміщеннях для розміщення вентиляційного устаткування буде знижена до рівня, що не перевищує припустимих величин, установлених нормами.

Ремонт вибухозахищеного електроустаткування вентиляційних систем, заміна й відновлення його деталей повинні проводитися тільки на спеціальних підприємствах або в цехах інших підприємств, що мають на цей дозвіл відповідних організацій. Відремонтоване вибухозахищене електроустаткування повинно пройти контрольне випробування на відповідність технічним умовам із занесенням результатів випробувань і

характеру ремонту в паспорт за ДСТ 2.601-95.

Чищення вентиляційних систем повинна проводитися в строки, установлені інструкціями для експлуатації. Оцінка про чищення заноситься в журнал ремонту й експлуатації системи.



## ВИСНОВКИ

У даній роботі проведено розробку автоматизованої системи керування офсетною друкарською машиною Comrasta 215, пов'язану з автоматизацією контролю положення паперу та керування електроприводом. Приведено технологічний процес офсетного друку, розрахунок і наладку основних блоків схеми. Як один з варіантів схеми керування машиною, розроблена мікропроцесорна схема керування на базі мікропроцесора 8051. Вибрано датчик контролю відхилення полотна, контрастності зображення, наявності полотна, розриву полотна, натягу полотна. Вибрана система контролю рівня заповнення фарби резервуара в друкарських секціях, зміщення фарби. Обраний перетворювач. Розроблена структурна схема автоматизованої лінії.

Досліджено механіка подачі полотна в модуль друку. Проведено моделювання та керування бічною динамікою переміщення полотна. Здійснено аналіз інерційності барвникового апарата.

Розроблено алгоритми та набір команд для роботи автоматичної системи керування двигунами папероподаючої секції друкарської машини.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Багатофарбові офсетні машини та робота на них: навчальний посібник / Петренко О. М., Литвиненко К. М., Лобань Л. В., Герасименко В. І., Зуб Т. А. – К. : КВППУ, 2015. – 80 с.
2. Чехман Я.І. та ін. Друкарське устаткування. – Львів, 2005. – 540 с.
3. Штоляков В.И. Рулонные офсетные печатные машины КБА: учеб. пособие/ В.И. Штоляков, Б.В. Токмаков, А. Перова (КБА РУС.); Моск. гос. ун-т. печати. – М.: МГУП, 2009. – 145с.
4. Востриков, А.С. Теория автоматического регулирования: учебник для вузов / А.С. Востриков, Г.А. Французова.: под общ. ред. А.С. Вострикова. – М.: Высшая школа, 2004.- 365 с.
5. Олссон, Г., Цифровые системы автоматизации и управления: издание третье, переработанное и дополненное / Г. Олссон, Дж. Пиани.: СПб.: Невский диалект, 2001. – 520 с.
6. Королев, Г.В. Электронные устройства автоматики. Издание второе, переработанное и дополненное / Г.В. Королев. - М: Высшая школа, 1991
7. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2003. – 604с.
8. Чарушев, А.В. Автоматизация процессов жизнеобеспечения производства / А.В. Чарушев, Ю.Л. Мартынов – СПб.: Питер, 2010. – 320с.
9. Густав Олссон, Джангуидо Пиани «Цифровые системы автоматизации и управления. Издание третье, переработанное и дополненное». Санкт Петербург, Невский диалект, 2001
- 10.Королев Г.В. «Электронные устройства автоматики. Издание второе, переработанное и дополненное». -М: Высшая школа, 1991
- 11.Токхейм Р. «Основы цифровой электроники». -М.: Мир, 1988
- 12.Каталог Siemens FI 01. Контрольно-измерительные приборы, 2012

13. J. J. Shelton and K. N. Reid, "Lateral dynamics of a real moving web," Transactions of the ASME, Journal of dynamics systems, measurements, and control, vol. 93, no. 3, pp. 180–186, 1971.
14. J. B. Yerashunas, J. A. D. Abreu-Garcia, and T. T. Hartley, "Control of lateral motion in moving webs," IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 11, pp. 684–693, Sept 2003.
15. Бойко Т., Лукавий О., Федорів П. Розробка автоматизованої системи керування подачею полотна офсетної друкарської машини / Т. Бойко, О. Лукавий, П. Федорів. Матеріали VIII науково-технічної конфції «Інформаційні моделі, системи та технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. – 24 с.