

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

**Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва**

«На правах рукопису»
УДК 655.326.1+655.3.062

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Микола ЗЕНКІН
«__» _____ 2025 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Комп'ютеризовані поліграфічні системи»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

**на тему: «Дослідження друкарського апарату багатофарбових
флексграфічних аркушевих друкарських машин»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ВМ-41мп,
Коваленко Ігор Олегович _____

Науковий керівник:

к.т.н., доцент
Шостачук Олександр Павлович _____

Консультант з розробки стартап проєкту:

Доцент, к.т.н.

Прізвище Ім'я По-батькові _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент

Прізвище Ім'я По-батькові _____

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

Київ – 2025

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані поліграфічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Микола ЗЕНКІН

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Коваленку Ігорю Олеговичу

1. Тема дисертації «Дослідження друкарського апарату багатофарбових флексографічних аркушевих друкарських машин», науковий керівник дисертації Шостачук Олександр Павлович, к.т.н., затверджені наказом по університету від «__» _____ 2025 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: друкарські апарати флексографічних аркушевих машин.

4. Вихідні дані: абсолютна деформація ФПФ $\lambda_m=0,1-0,2$ мм; величина максимального тиску $P_{max}=0,1-0,35$ МПа; коефіцієнт усереднення для флексографського друку $\psi = 0,58$; макс. швидкість 100 м/хв; макс. ширина друку 820 мм; довжина друку, мм 300...800; загальна потужність 25 кВт; навантаження, що діє на циліндр, $P = 13,88$ кН; технологічно необхідний тиск $P_m = 0,05 - 0,8$ МПа; довжина смужки контакту (довжина формного циліндра) $l = 1750$ м.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати вимоги до флексографічного обладнання для друку; проаналізувати принцип роботи флексографічної друкарської машини; визначити матеріали, що задруковуються флексографічним способом; дослідити наявні конструкції друкарських апаратів флексографічних машин, особливості побудови, скласти порівняльну характеристику; виконати розрахунок навантаження у системі приводу друкарського апарату флексографічних друкарських машин; проаналізувати та систематизувати фактори впливу складових

друкарського флексографічного апарату на якість і дефекти при друці; виконати інженерний синтез ланок флексографічного друкарського апарату.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: структурна схема друкарських машин; принципова схема флексографічного способу друку; схема побудови та конфігурація флексографічної друкарської машини; структурна схема флексографічного друкарського апарату; схема навантажень друкарського апарату ротаційної флексографічної машини; систематизація факторів впливу складових друкарського флексографічного апарату на якість і дефекти при друці; друкуючі елементи флексографічної форми; розрахункова схема зусиль, що діють на друкарський циліндр флексографічного друкарського апарату; розрахункова схема зусиль, що діють на формний циліндр флексографічного друкарського апарату.

7. Орієнтовний перелік публікацій підготувати тези на міжнародну науково-практичну конференцію.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Розділ з розробки стартап проекту	Прізвище І. П. к.т.н., доцент кафедри МАПВ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд літературних та інформаційних джерел за темою дисертації	місяць 2025 р.	
2.	Дослідження технічних характеристик сучасного обладнання для флексографічного друку	місяць 2025 р.	
3.	Опис досліджуваної конструкції друкарського флексографічного апарату і розрахунок жорсткості його конструкції	місяць 2025 р.	
4.	Розрахунок навантаження у системі приводу друкарського апарату флексографічних друкарських машин	місяць 2025 р.	
5.	Систематизація факторів впливу складових друкарського флексографічного апарату на якість і дефекти при друці	місяць 2025 р.	
6.	Інженерний синтез ланок флексографічного друкарського апарату	місяць 2025 р.	
7.	Розділ з розробки стартап проекту	місяць 2025 р.	
8.	Оформлення магістерської дисертації і графічного матеріалу, надання роботи на рецензування	місяць 2025 р.	

Студент

Ігор КОВАЛЕНКО

Науковий керівник

Олександр ШОСТАЧУК

РЕФЕРАТ

Коваленко Ігор. Дослідження друкарського апарату багатофарбових флексографічних аркушевих друкарських машин»

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» НН ВПІ, кафедра МАПВ, 2025

ПЗ: 105 стор., 37 рисунків, 15 табл., бібл. назв. 75, додатки на 7 стор.

Мета дослідження. Магістерська робота спрямована на комплексне вивчення флексографічних машин, призначених для друку пакувальної продукції, аналіз конструктивних особливостей друкарського апарату, а також процесів і чинників, що визначають рівень якості друку.

Отримані результати. Проведено аналіз конструкцій флексографічного друкарського обладнання та досліджено основні вузли аркушевих флексографічних машин, призначених для друку на гофрованому картоні. Встановлено, що жорсткість друкарського апарату істотно впливає на стабільність і якість друку, а також на точність його налаштування. Доведено, що прогини та кутові зміщення в опорах позначаються на точності роботи зубчастих передач, що може спричинити їхній знос і деформацію картонного матеріалу. Запропоновано методику вибору оптимальних параметрів ланок друкарського апарату флексографічної машини. Виявлено, що одним із ключових чинників формування якісного відбитка є забезпечення величини сумарних прогинів осей формного та друкарського циліндрів у межах максимально допустимої деформації друкарської форми. Розроблено стартап-проект щодо інтеграції сервоприводу в конструкцію друкарського апарату та проведено аналіз можливостей його ринкового впровадження і перспектив подальшої комерціалізації.

Об'єкт дослідження. Друкарські апарати аркушевих флексографічних машин.

Предмет дослідження. Технологічні процеси, що відбуваються під час роботи друкарського апарату аркушевих флексографічних машин.

Методи дослідження. У роботі застосовано методи теорії вимірювань, системного аналізу та математичного моделювання.

Ключові слова: флексографічна машина, технологічні процеси, друкарський апарат, друкарська форма, прогин циліндрів, жорсткість.

ABSTRACT

Kovalenko Ihor. *Study of the Printing Unit of Multicolor Sheet-Fed Flexographic Printing Machines*

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Educational and Research Institute of Printing and Publishing, Department of printing machines and automated complexes, 2026

EN:: 105 pages, 37 figures, 15 tables, 75 bibliographic references, 7 pages of appendices.

Research Aim. The master’s thesis is focused on a comprehensive study of flexographic printing machines designed for packaging production, including the analysis of structural features of the printing unit as well as the processes and factors that determine print quality.

Results Obtained. The structural designs of flexographic printing equipment have been analyzed, and the main units of sheet-fed flexographic machines intended for printing on corrugated cardboard have been examined. It has been established that the rigidity of the printing unit has a significant impact on print stability and quality, as well as on the accuracy of machine adjustments. It has been demonstrated that shaft deflection and angular displacement in the bearings influence the precision of gear engagement, which may lead to increased wear and deformation of the cardboard substrate. A methodology for selecting optimal parameters of the components of the flexographic printing unit has been proposed. It has been identified that one of the key factors ensuring high print quality is maintaining the total deflection of the form and impression cylinder shafts within the maximum permissible deformation of the printing plate. A startup project for integrating a servo drive into the printing unit has been developed, along with an analysis of the feasibility of its market implementation and potential commercialization pathways.

Object of the Study. Printing units of sheet-fed flexographic printing machines.

Subject of the Study. Technological processes occurring within the printing unit of sheet-fed flexographic printing machines.

Research Methods. The study employs methods of measurement theory, system analysis, and mathematical modeling.

Keywords: flexographic printing machine, technological processes, printing unit, printing plate, cylinder deflection, rigidity.

Зміст

ВСТУП	8
1 СТАН РОЗВИТКУ ФЛЕКОГРАФІЧНОГО ДРУКУ	10
1.1 Флексографія: історія становлення та сфери застосування	10
1.2 Сфери застосування флексографічного друку	11
1.3 Переваги і недоліки флексографічного методу друку	13
1.4 Різновиди флексографічних друкарських машин	15
1.5 Різновиди фарбових апаратів флексографічних друкарських машин	17 24
1.6 Висновки до розділу 1	25
2. РІЗНОВИДИ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН	25
2.1 Класифікація флексографічних друкарських машин	31
2.2 Аркушеві флексографічні друкарські машини	33
2.3 Планетарні флексографічні друкарські машини	41
2.4 Гібридні друкарські машини	50
2.5 Вузькорулонні друкарські машини	55
2.6 Перспективи і тенденції розвитку флексографічного устаткування	57
2.7 Висновки до розділу 2	58
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ДРУКАРСЬКОГО АПАРАТУ ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ	58
3.1 Опис конструкції друкарського апарату флексографічної машини	62
3.2. Розрахункова схема прогинів ланок друкарського апарату флексографічної аркушевої машини	64
3.3. Дослідження навантажень у друкарському апараті аркушевої флексографічної машини	67
3.4. Дослідження пружних деформацій ланок флексографічного друкарського апарату	76
3.5 Висновки до розділу	77

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	77
ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФОРМ	78
4.1 Переваги та недоліки флексографічних друкарських форм	80
4.2 Різновиди флексографічних формних пластин	81
4.3 Стан досліджень властивостей флексографічних форм	83
4.4 Визначення деформаційних властивостей флексографічних форм	84
4.5 Висновки до розділу 4	95
5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ	97
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

Сучасне флексографічні друкарські машини мають різноманітну конфігурацію побудови, призначення і застосування. Для друкування продукції з невисокими вимогами щодо оформлення застосовують одно- і двофарбові операційні машини та друкарські секції в лініях по виготовленню і пакуванню гофроящиків. Але світовою тенденцією є вирішення побудови флексографічних машин для друку на упаковці разом з іншим технологічним обладнанням для рилування, висічки, фальцювання, склеювання і складання готової продукції та пакування її на палети.

Такі сучасні лінії представляють собою поточкові лінії, побудовані по принципу «on-line» та досить гнучкі у конфігурації, а з використанням системи управління технологічним процесом, автоматичного налагоджування на тираж та діагностики проходження самого процесу та стану обладнання, ми отримуємо сучасний комплексний автоматизований агрегат для обробки продукції, що задруковується флексографією. Це в свою чергу обумовлює підвищені вимоги до конструкції друкарських апаратів.

Звично друкарські апарати флексографічних друкарських машин розділені й утворюють горизонтальний агрегат з послідовним розміщенням секцій, які приводяться в рух загальним валом. Машини цього типу можуть виготовлятися з будь-якою кількістю друкарських секцій, а використовуються вони для задруковування складених коробок, гофрованого картону, багат шарових мішків і друкування етикеток (обмежено — для друкування багатокольорової продукції, оскільки не забезпечують досить точного суміщення фарб). У флексографічних друкарських машинах, де відстань між друкарськими секціями невелика, це суміщення можна забезпечити. Для друкування на тій самій стрічці зі звороту лише потрібно стрічку перевернути навколо штанги або позмінно

перевертати стрічки навколо її осі між секціями. Такі машини можуть також наносити суцільні покриття на матеріали, що добре всмоктують фарбу.

Флексографічні друкарські машини можуть працювати як самостійно, так і в поєднанні з іншими агрегатами. До групи машин, що працюють самостійно, належать машини, які друкують з рулону на рулон, дають аркушеву продукцію з рулонів або друкують на готовому аркушовому папері чи картоні. Машини, що працюють з рулону, найпоширеніші.

Флексографічні машини аркушевого друку застосовуються для друкування малих тиражів продукції як на аркушовому папері, так і на картоні, а також для оброблення готових кульків, конвертів тощо.

Метою дослідження є комплексне вивчення флексографічних машин, призначених для друку пакувальної продукції, аналіз конструктивних особливостей друкарського апарату, а також процесів і чинників, що визначають рівень якості друку.

1 СТАН РОЗВИТКУ ФЛЕКОГРАФІЧНОГО ДРУКУ

1.1 Флексографія: історія становлення та сфери застосування

Флексографія (від лат. *flexus* — «зігнутий» і грец. *grapho* — «пишу», «малюю») — це різновид високого друку, який використовує еластичні друкарські форми з гуми або фотополімерів та швидковисихаючі малов'язкі фарби. Як і у традиційному високому друці, друкувальні елементи на формі розташовані вище від пробільних. До 1952 року цей метод мав назву *аніліновий друк* [1].

Винахідником флексографії вважають Карла Хольвега — власника німецької компанії «До. унд А. Хольвег ГМБХ», яка функціонує й сьогодні. У патентах Німеччини (№200697, 1907 р.) та Великої Британії (№16517, 1908 р.) Хольвег описав технологію друкування еластичними гумовими формами із застосуванням анілінових фарб на паперових мішках. Деякі дослідники, однак, вважають, що перша анілінова друкарська машина була створена в Англії ще 1890 року. У ній кілька формних циліндрів розміщувалися навколо одного друкарського, а для друку використовували водорозчинні фарби.

Поява терміна «*аніліновий друк*» була зумовлена тим, що спочатку в процесі використовували анілінові синтетичні барвники. У 1920-х роках у Німеччині цей спосіб називали *Anilindruck* або *Anilin-gummidruck*, тобто «аніліновий гумовий друк». Така ж назва траплялася й у перших російських публікаціях.

Сучасний термін «*флексографія*» було офіційно запроваджено 21 жовтня 1952 року в США на 14-й Національній конференції з пакувальних матеріалів. Ініціатором зміни назви виступив комітет з флексографічного друку при Інституті упаковки США, адже у новому способі друку вже не обов'язково використовувалися анілінові барвники. У Європі термін *Flexodruck* з'явився у 1966 році в Німеччині, а згодом поширився у Франції (*flexographie*) та інших

країнах.

Водночас визначити точну дату виникнення флексографії складно. Відомо, що ще у середині XIX століття анілінові фарбники застосовувалися для друку шпалер. Анілін — отруйна безбарвна рідина, синтезована у 1842 році Миколою Зініним (1812–1880). Саме завдяки цьому відкриттю у кінці XIX — на початку XX століття бурхливо розвивалася аніліно-фарбова промисловість, зокрема в Росії, де у 1913 році було вироблено понад 8,5 тис. тонн таких фарб. Згодом термін «*анілінові фарбники*» став узагальнюючим для всіх органічних синтетичних барвників, однак нині вважається застарілим [2]. Ще однією важливою передумовою виникнення флексографії стало створення гумових еластичних форм. Американець Джон Л. Кінгслі 18 січня 1853 року отримав патент на «удосконалені склади для виготовлення стереотипних форм», які застосовувалися, зокрема, для виготовлення гумових штампів.

1.2 Сфери застосування флексографічного друку

Флексографія поєднує переваги високого та офсетного друку, водночас усуваючи їх основні недоліки. Саме це забезпечило її широке розповсюдження. Спочатку технологію застосовували для друкування пакувальних матеріалів — паперових і поліетиленових пакетів. Цією технологією почали декорувати конверти для грамплатівок у 1929 році, а декорування обгорткок для сигарет і кондитерських виробів за допомогою автоматичних пакувальних машин з флексографічними секціями почалися з 1932 року. Після 1945 року флексографічний друк почали активно застосовувати для виготовлення шпалер, рекламних матеріалів, шкільних зошитів, бланків та канцелярської продукції [3].

З 1984 року флексографія використовується і для друку газет у США, Японії, Італії та інших країнах. Її популярність у цьому сегменті зумовлена економічністю та вдосконаленням технологічних процесів виготовлення друкарських форм. Особливо високих результатів флексографія досягла у

Наприкінці XX століття поліграфічна галузь зазнала значних змін, і сьогодні флексографія посідає друге місце за обсягами продукції після офсетного друку [1]. У розвинених країнах її широко застосовують для виготовлення гнучкої упаковки, етикеток, гофрокартону, поліетиленових сумок і навіть видавничої продукції.

В Україні за останнє десятиріччя флексографічний друк активно впроваджується в поліграфічній і пакувальній промисловості як одна з найекономічніших технологій виробництва тари та упаковки.

Флексографічні машини можуть друкувати на широкому спектрі матеріалів: целофані, поліетилені, поліпропілені, а також на різних типах паперу, картону, на металізованій плівці. Конструкція флексографічних друкарських машин дозволяє друкувати майже на чому завгодно.

На відміну від технології офсетного друку, для якої матеріали підбирають по їх друкованим властивостям (білизні, матовості, присутності волокон льону, типу крейдування), у флексодруку матеріал вибирається за ознакою функціональності. При виборі матеріалу враховується його здатність забезпечити захист від проникнення вологи, запахів, а також його міцність, гнучкість і т.д. Тут відбувається таке злиття друкованих властивостей і функціонального призначення, якого майже не зустрінеш в області застосування офсетного друку.

Серед широкої номенклатури матеріалів, які можна декорувати при допомозі флексографії, основними є: папір і картон;

1. целофан;
2. полівінілхлорид (вінілові плівки);
3. гофрований картон;
4. поліефірна плівка;
5. гнучка упаковка;
6. поліетилен;
7. латексний папір;

8. самоклеюча плівка;
9. багатошарові пакети;
10. металізована плівка і папір;
11. поліпропілен;
12. синтетичний папір;
13. ПВХ;
14. полістирол;
15. пергамент;
16. поліамід.

1.3 Переваги і недоліки флексографічного методу друку

В Україні розробкою технологій, обладнання та матеріалів флексографічного друку займалися Український науково-дослідний інститут поліграфічної промисловості імені Т. Шевченка (УНДПП), Українському науково-дослідному інституті спеціальних видів друку, Видавничо-поліграфічному інституті КПІ ім. І. Сікорського, ПрАТ «Київполіграфмаш» та в Українській академії друкарства. [4].

Сучасна флексографія є універсальним способом друку, що використовує рельєфні форми та малов'язкі швидковисихаючі фарби, забезпечуючи високошвидкісний друк. Якщо застосовується еластична флексографічна друкарська форма (ФДФ), вона не лише переносить фарбу на матеріал, а й виконує роль декеля, що дозволяє друкувати без приправки. Крім того, у зоні контакту з матеріалом створюється нижчий тиск порівняно з класичними методами друку, що підвищує тиражостійкість форм, спрощує конструкцію обладнання та знижує його металомісткість і енергоємність.

Еластичні ФДФ мають перевагу перед іншими формами, оскільки дозволяють друкувати на різноманітних матеріалах, включно з легко деформованими полімерними плівками. Використання малов'язких швидковисихаючих фарб дає змогу застосовувати прості конструкції

фарбових апаратів. Швидкий розвиток флексографії значною мірою був зумовлений винаходом у США растрованого анілоксового валика (AB), що значно покращило якість переносу фарби на ФДФ [4].

Під час друку на поверхню друкарської форми вливають розчини в'язучих фарб, полярних і неполярних розчинників, озону та інші чинники. Тому до властивостей друкарських форм і налаштування процесу друку висуваються специфічні вимоги. Якість флексографічного друку визначається комплексом факторів, починаючи з оригіналу і закінчуючи обробкою готового виробу.

Подальший розвиток флексографії був пов'язаний із появою полімерних плівок, які стали широко використовуватися як пакувальний матеріал [2]. На початку 1970-х років стрімке зростання флексографії було зумовлене впровадженням фотополімерних ФДФ, що дозволило значно підвищити якість друку, наблизивши його до класичних методів. У Європі частка флексографії на ринку друкарської продукції також зросла: у 1986 р. вона становила 18%, а в 1995 р. — вже 30% [4].

Оскільки розвиток флексографії тісно пов'язаний із прогресом у машинобудуванні, виробництві формних пластин і безстиківих циліндрів, удосконаленні фарб та репродукційних процесів, для значного покращення вітчизняної флексографії необхідні практичні напрацювання у всіх цих напрямках.

Флексографська форма може мати один, два або багато шарів з пружно еластичними властивостями, що виготовлені з еластомерів, як правило, гумових або фотополімерних. Перевагою флексографічного друку є можливість друкувати при низьких значеннях тиску практично без приправки на різноманітних матеріалах: папері, тканинах, самоклеючих матеріалах, целофані, поліетилені, металевій фользі та різноманітних синтетичних плівках різної товщини. Завдяки еластичності таких форм можна друкувати під низьким тиском на нестандартних матеріалах із грубою фактурою, таких як тканина. Сучасні виробники навіть забезпечують друк на ультратонких,

чутливих до нагрівання плівок за допомогою спеціальних систем, наприклад «холодне дзеркало».

Висока тиражостійкість форм (більше мільйона відбитків) досягається завдяки невеликому тиску, а висока швидкість друкування (до 10 м/с) одно- та багатофарбової продукції забезпечується використанням малов'язких фарб. Форми повинні мати необхідні пружноеластичні властивості, стійкість до розчинників у фарбі та мінімальну деформацію під час друку. Сучасні тенденції включають створення форм, що змиваються органічними, водними чи екологічно безпечними розчинниками, а також спеціальні форми для друку на гнучких пакувальних матеріалах, гофрокартоні та інших носіях [4].

1.4 Різновиди флексографічних друкарських машин

Друк продукції здійснюють на рулонних ротаційних флексографських машинах, подібних за конструкцією до машин глибокого друку. Залежно від призначення їх поділяють на три типи [5]:

- Універсальні — для декорування різноманітних рулонних матеріалів (папір, полімерні плівки, алюмінієва фольга). Продукція виходить у рулонах або аркушах.
- Спеціалізовані — наприклад, газетні або книжково-журнальні, що забезпечують випуск сфальцованих газет або зошитів.
- Агрегатовані — спеціально налаштовані на друк одного або невеликої групи видів продукції.

Широке поширення отримали вузькорулонні машини, які не потребують великих інвестицій і забезпечують достатню продуктивність. Вони мають переважно лінійну (секційну) конструкцію і легко комбінуються з оздоблювальними пристроями, що спрощує та прискорює технологічний процес.

Фарбовий апарат флексографської машини відрізняється простотою: він складається з трьох валиків. Гумовий валик у фарбовому резервуарі передає

фарбу на анілоксовий валик зі спеціальними заглибленнями, надлишок фарби видаляється ракельним ножом. Далі фарба переходить на друкарські елементи форми, а з неї — на матеріал.

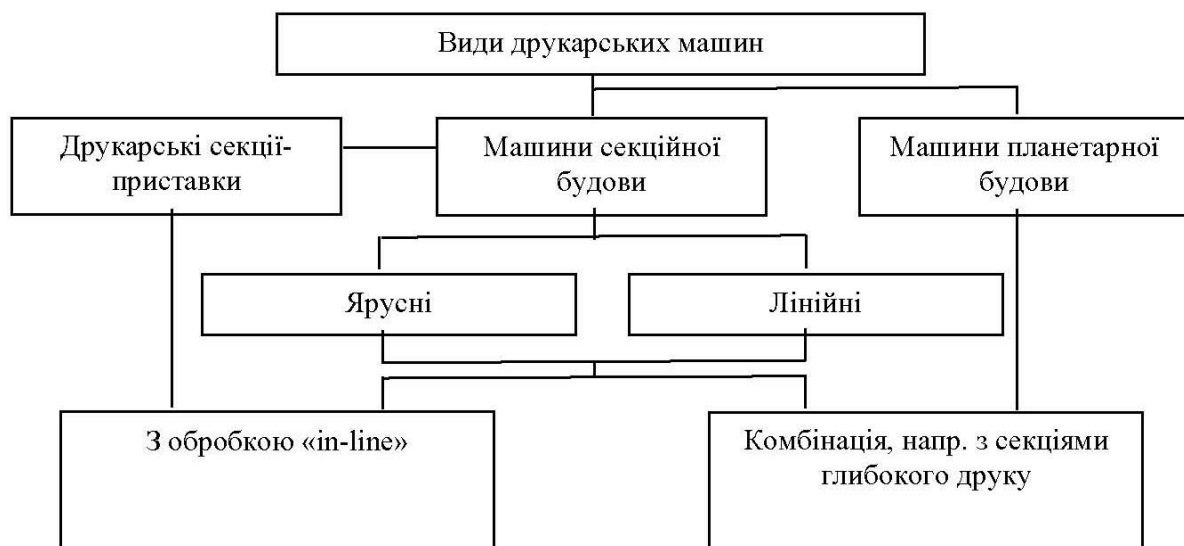


Рисунок 1.1 Класифікація флексографічних друкарських машин

Використання рідких водорозчинних фарб особливо важливе у харчовій промисловості для пакування продуктів [6]. Виробляються фарби різного складу: спиртоводні, на основі розчинників та з УФ-закріпленням. Для полімерних плівок застосовують додаткову обробку поверхні для кращої адгезії фарби.

На рис. 1.1 наведено класифікацію флексографських машин, а на рис. 1.2 — схему друкарської секції аркушевої флексографської машини, включно з формним циліндром, друкарським циліндром та фарбовою системою [7,8].

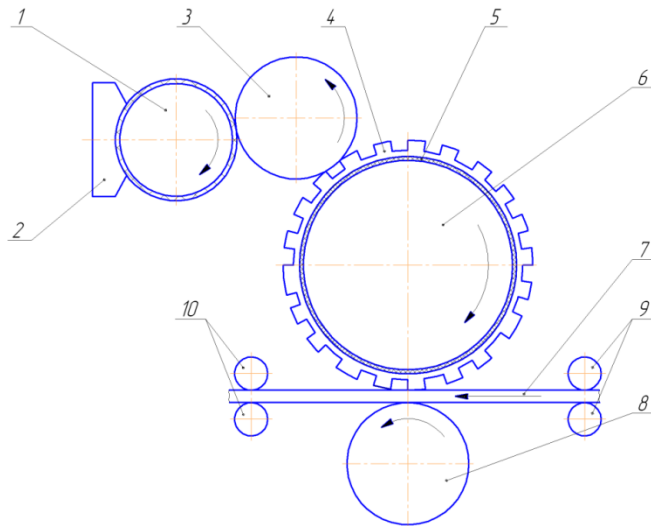


Рисунок 1.2 Схема будови друкарської секції флексографічної аркушевої машини.

1 - дукторний валик; 2 – камер-ракельна система; 3 – анілоксовий валик;
4 – флексографічна форма; 5 – монтажна стрічка; 6 – формний циліндр; 7 –
задруковуваний матеріал; 8 – друкарський циліндр; 9 – подавальні
ролики; 10 – транспортуючі ролики.

Основні компоненти друкарської секції — це формний та друкарський циліндри, фарбова система та їх привід. Для регулювання процесу використовуються механізми натиску, повздовжньої та поперечної приводки, транспортувальна система, які безпосередньо впливають на якість та продуктивність друку. Фотополімерна ФДФ монтується на формний циліндр за допомогою монтажної стрічки або спеціальних фіксаторів. Діаметр циліндра визначається форматом відбитку та товщиною форми й монтажної стрічки.

1.5 Різновиди фарбових апаратів флексографічних друкарських машин

У конструкції флексографічних аркушевих друкарських машинах застосовують два типи фарбових систем [5]:

—дукторна система, в якій на анілоксовий вал фарба наноситься дукторним валиком;

- камер-ракельна система, в якій фарба подається у камеру, що утворена самою камерою, анілоксовим валиком (чи дукторним валиком) та двома ракелями.

Призначені для рівномірного і однакового нанесення фарби на друкарську форму на протязі друкування всього тиражу.

При флексографічному друкуванні застосовують рідкі пігментні і напівпігментні фарби на водяній або водно-спиртовій основі. Типові схеми ФА приведені на рис. 1.3. Фарба на формний циліндр 1 може наноситися жорстким циліндром 2 (сх. а, в, г), коли флексографічна форма еластична, або еластичним валиком 3 (сх. б), коли форма жорстка. Рідка фарба виводиться з ванни 4 еластичним валиком 3 (сх. а) або жорстким циліндром 2 (сх. б, в, г), надлишок фарби відтискується ракелем 5, який встановлюється з додатним (сх. б) або від'ємним (сх. в) кутом нахилу до поверхні циліндра. Ракель представляє собою пружний, переважно сталевий, ніж товщиною 0,07...0,3 мм, шириною 30...50 мм і довжиною дещо більше довжини твірної формного циліндра.

На сх. г зображено фарбовий апарат, який складається з камери 6, куди насосом подається фарба під тиском і зливається знову в бак, де фільтрується. З циліндра надлишок фарби знімається ракелем 5. Ракель 7 призначений для очищення поверхні циліндра від залишків фарби, паперового пилу тощо. Для кращого передавання фарби накочувальні циліндри 2 виготовляють не гладкими, а растрованими, з комірками, і їх називають анілоксовими. Комірки завглибшки 25 - 30 мкм пірамідальної або напівсферичної форми виготовляють на сталевій поверхні анілоксового циліндра накочуванням, електромеханічним або лазерним гравіюванням чи фотомеханічним травленням. Частота комірок вимірюється в тих же одиницях, що і лініатура растру (кількість ліній на см), і вибирається в 3 - 3,5 рази більшою, ніж

лініатура растрового зображення, яке буде друкуватися з використанням даного фарбового апарата (лініатура може становити до 500 ліній/ см).

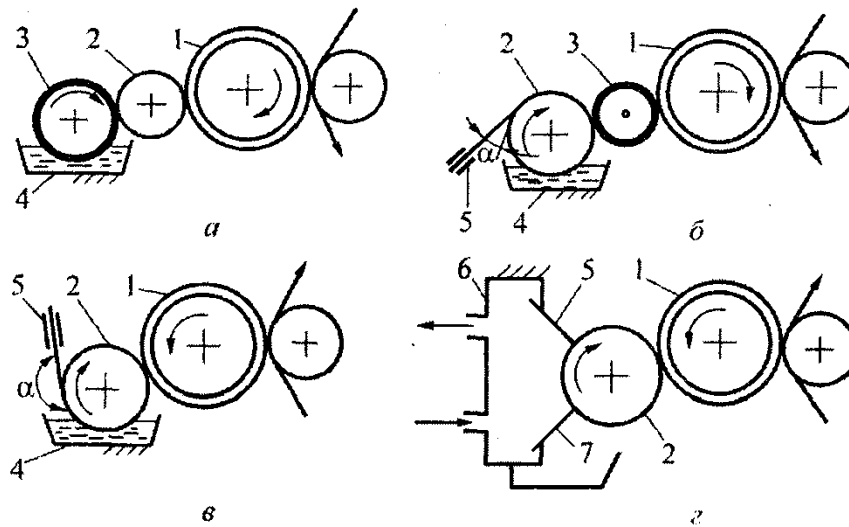


Рисунок 1.3 Схеми фарбових апаратів

Окремі краплі фарби, які передають комірки на друкарську форму, зливаються між собою. Для збільшення зносостійкості і твердості зовнішню поверхню анілоксових циліндрів зміцнюють шляхом нанесення на неї жорсткого керамічного покриття.

Використання анілоксових циліндрів забезпечує точне дозування фарби, кількість якої залежить від кількості і об'єму комірок на анілоксовому циліндрі. Змінити кількість поданої фарби можна лише шляхом заміни анілоксового циліндра [9].

З метою запобігання висихання фарби на поверхнях анілоксових циліндрів при короткочасних зупинках машини, вони відводяться від формних циліндрів, але продовжують обертатися завдяки автономному електромеханічному приводу. Під час друкування анілоксові циліндри приводяться зубчастою передачею від формного циліндра. Фрагмент конструкції анілоксового циліндра з двобічним приводом наведено на рис. 1.7. Привідні зубчасті колеса (ЗК1 від формного циліндра і ЗК2 від автономного електромеханічного приводу) з'єднуються з валом анілоксового циліндра АЦ обгінними муфтами ОМ1 і ОМ2, що забезпечує почерговість їх використання.

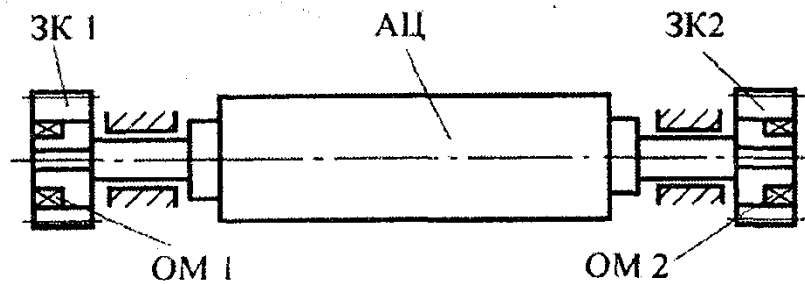


Рисунок 1.4 Анілоксовий циліндр з двобічним приводом

Фірма «Albert Frankenthal» (Німеччина) розробила камерні фарбові апарати, два варіанти конструкцій яких представлені на рис. 1.5.

Камерний ракельний фарбовий апарат (рис. 1.5,а) включає тримач 2 ракелів, закріплений на кронштейні 1, де розташовані два ракелі 4 та 7, фіксовані між колодками 3 і 8. Обидва ракелі встановлені під від'ємним кутом щодо обертання АЦ [10].

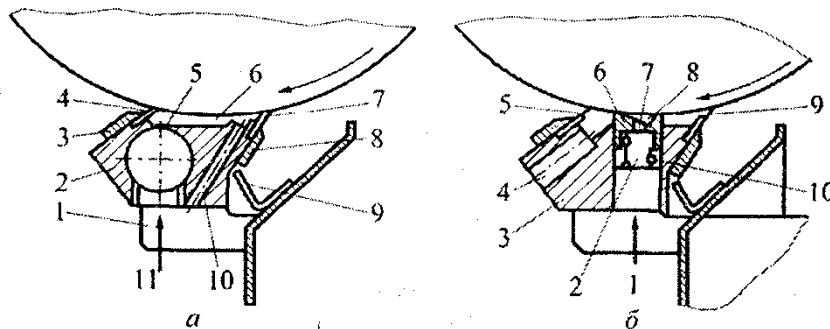


Рисунок 1.5 Схеми камерних ракельних фарбових апаратів фірми «Albert Frankenthal»

Фарбовий резервуар 6 складається з робочого ракеля 4 та замикаючого ракеля 7. Фарбовий резервуар обмежується знизу тримачем 2 ракелів, а зверху – поверхнею анілоксового циліндра. З торців резервуар закривають підпружинені ущільнювачі. Замикаючий ракель 7 служить для остаточного очищення поверхні анілоксового циліндра від залишків паперового пилу, фарби та інших часток, які видаляються через канал 9, встановлений під кутом. Основна функція робочого ракеля 4 полягає у видаленні надлишок з поверхні

анілоксового циліндру після заповнення його растрових комірок фарбою. Від'ємний кут установки ракеля забезпечує точне дозування фарби.

За допомогою трубопровода 11, підключеного до насоса фарбовий резервуар 6 заповнюють фарбою. Вона потрапляє у розподільну камеру через декілька отворів 5, розміщених вздовж тримача 2 ракелів. Це забезпечує рівномірне заповнення резервуара 6. Фарба в резервуарі перебуває під певним тиском, що дозволяє повністю заповнити растрові комірки анілоксового циліндра. Зайва фарба видаляється через зливний отвір 10. Тримач ракелів може мати декілька зливних отворів, що з'єднується зі зливним трубопроводом.

Камерні ракельні апарати мають такі переваги [2]:

- фарбопередача на форму не залежить від швидкості;
- можливість роботи з АВ з лініатурою до 200 л/см;
- підвищення швидкості друкарського процесу;
- мінімізація випаровування летких розчинників.

Дукторна система також широко застосовується, оскільки забезпечує високу насиченість відбитку, що особливо важливо при друку плашок і штрихових зображень.

На рис. 1.5,б показана інша модифікація камер ракельного фарбового апарата [8]. У цьому варіанті будови тримач 3 ракеля містить розподільну камеру 2 з плаваючою планкою 6, розташованою між ракелями 5 та 9 і прилягаючою до анілоксового циліндра. Планка 6 має отвори 7, що поєднані з пазом 8. При зростанні швидкості обертання анілоксового циліндра можна наносити більш товстий шар фарби за допомогою гідродинамічних сил. Конструкція фарбового апарату дозволяє встановлювати планку 6 як без пружини (плаває у виїмці камери) так зі пружиною 10, при цьому зливні отвори 4 біля робочого ракеля 5 призначені для зменшення його навантаження. Фарба подається по трубопроводу 1.

На рис. 1.6 і 1.7 представлені бокові види камерних ракельних апаратів з різними способами притискання до АЦ. Торці резервуара закривають

ущільнювальні планки 1 (рис. 1.9), які прилягають до поверхні АЦ 3 і встановлені у кронштейни 5 тримача ракеля. Кронштейни мають направляючі 4, відкриті з обох боків. Планки притискаються до АЦ за допомогою пружин 6, а контролер 2 забезпечує додаткове притискання до раделів.

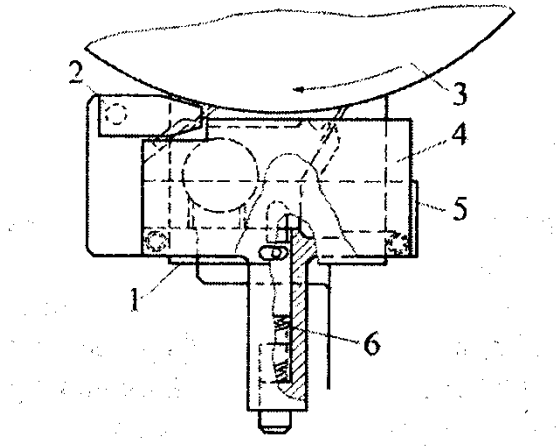


Рисунок 1.6 Камерний ракельний фарбовий апарат фірми «Albert Frankenthal». Вигляд збоку.

На рис. 1.7 показано варіант притискання апарата 1 до АЦ 3 за допомогою гідроциліндра 2.

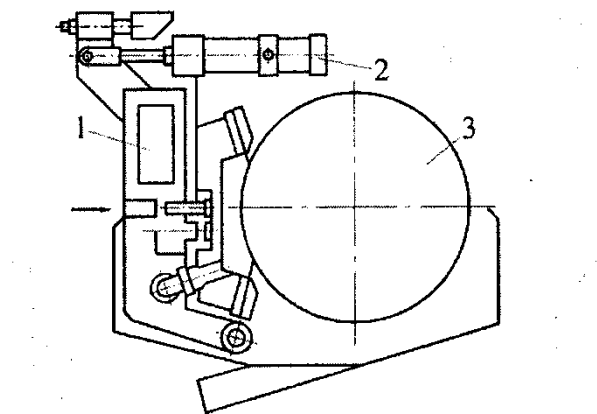


Рисунок 1.7 Камерний ракельний фарбовий апарат фірми «Koenig & Bauer». Вигляд збоку.

На рис. 1.8 наведено два варіанти будови камерних ракельних апаратів виробництва Німеччини. Апарат (рис. 1.8,а) складається зі замикального ракеля 1 під від'ємним кутом до напрямку обертання анілоксного циліндра та

робочого ракеля 4. Ракелі фіксуються між бічною стінкою 3 фарбової камери та притисною планкою 5, а з боків захищені підпружиненими ущільнювачами 2 [11].

Фарбова камера розташована між робочим і замикаючим ракелями, з боків – між кожухом 8 і поверхнею анілоксового циліндра. З торців фарбова камера підпружинення полімерними башмаками. У фарбову камеру фарба подається під тиском через проріз 6, а ексцентричний вал 7 дозволяє регулювати зазор і таким чином кількість фарби.

Недоліки апарата: робочий ракель має додатний кут, що ускладнює точне дозування фарби; конструкція громіздка; відсутні зливні отвори, що спричиняє осідання часток і нерівномірне нанесення фарби.

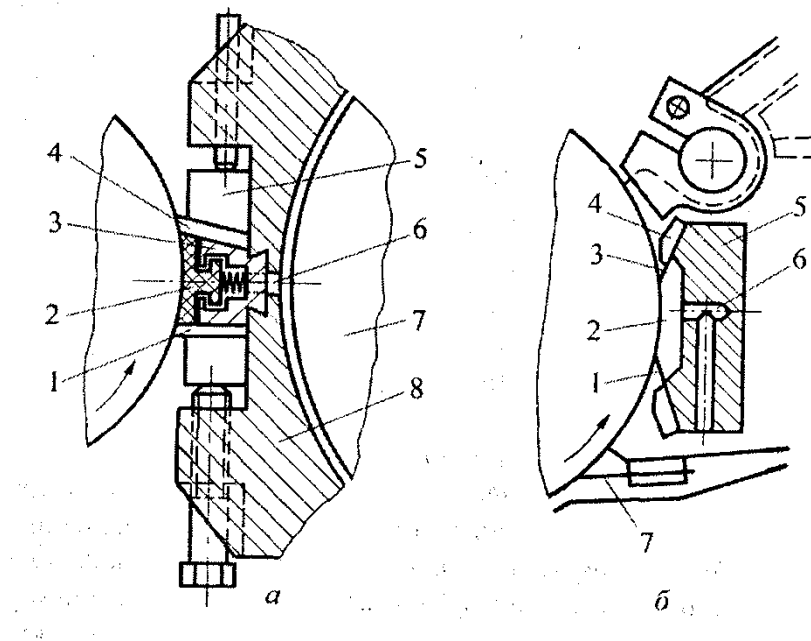


Рисунок 1.8 Схеми камерних ракельних фарбових апаратів німецького виробництва

У апараті (рис. 1.8,б) робочий ракель 3 розташовано під від’ємним кутом, замикаючий ракель 1 – під додатним кутом. Також передбачено ракель 7 для попереднього очищення анілоксового циліндра. Ракелі розташовані на тримачі 5 за допомогою затискних колодок 4. Фарба подається під тиском через отвір 6, що дозволяє заповнити растрові комірки повністю. Однак через відсутність

зливних отворів фарба у камері не перемішується, що спричиняє накопичення забруднень у деяких ділянках і негативно впливає на рівномірність нанесення.
[12]

1.6 Висновки до розділу 1

В наслідок аналізу літературних джерел розглянутий стан та перспективи розвитку друкарського устаткування флексографічного методу друку, систематизований перелік матеріалів, що можливо задрукувати флексодруком; проаналізовано конструкцію сучасних фарбових апаратів, що використовуються у флексографічних друкарських машинах.

2. РІЗНОВИДИ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН

2.1 Класифікація флексографічних друкарських машин

За якістю друкування флексографією постійно зростає, бо флексографічні машини стають більш гнучкими і автоматизованими, а вартість продукції, надрукованої цим способом, є невисокою.

Існують та розробляються багатофарбові флексографічні друкарські машини, на яких можна друкувати у 5 і більше фарб. У сучасних друкарських машинах флексографічний друк комбінується із іншими способами друку (в основному з офсетним), а також з лакувальними і штанцювальними апаратами. Часто друкарські машини оснащуються декількома лакувальними секціями. Широкої популярності набувають гібридні друкарські машини, у яких поряд з флексографічними є секції, що використовують інші друкарські методи друку -- офсетний, трафаретний, глибокий і навіть цифровий друк.

Сучасні ФДМ можна умовно класифікувати за цілим рядом ознак [6].

За технологією друку машини підрозділяються на рулонні і аркушеві. Більше використовуються рулонні машини, рідше використовують аркушеві друкарські машини.

За рівнем автоматизації всі машини умовно поділяють на початкового, середнього та високого ступеня автоматизації. Машини початкового рівня відзначаються компактними розмірами, містять від однієї до трьох секцій і можуть працювати з рулонами шириною до 180 мм. За їх допомогою задрукують прості вироби, наприклад, чеки касових апаратів або матеріали для ковбасної оболонки. Машини середнього рівня призначені для декорування повнокольорових етикеток або упаковки з використанням 4–5 фарб і мають широкий спектр додаткових функцій. Машини високого рівня, крім цього, відрізняються максимальною автоматизацією та численними пристосуваннями, що значно підвищують

продуктивність. Найбільш розповсюдженими залишаються машини середнього рівня.

За конструкцією машини поділяють на: машини планетарної побудови, у яких навколо одного друкарського циліндру розміщується кілька фарбових апаратів, та машини секційної побудови, у яких секції розташовані одна за іншою.

За форматами друку рулонні машини розрізняють як широкоформатні й вузькоформатні (вузькорулонні) друкарські машини. Проміжне місце займають середньоформатні машини.

Машини малоформатного друку, застосовують для друку етикеток, гнучких пакувань, і при виробництві складних коробок. Вони можуть працювати зі звичайними й УФ-фарбами, у них можна інтегрувати модулі для трафаретного УФ-друку і для тиснення фольгою.

Широкоформатні машини з шириною друку від 180 до 320 см, призначені для задруковування гофрованого картону. Цей же матеріал можна забруковувати спеціальними машинами для друку на картоні шириною від 60 до 100 см. Ці високоавтоматизовані моделі оснащені комп'ютерним керуванням, оснащені роботами для зміни валиків, автоматичними системами подачі фарб і чищення машин, а також пристроями для відключення не використовуваних фарбових апаратів під час роботи машини. Додатково машини оснащуються модулями, що мають кілька окремих приводів і систем шин. Завдяки цьому можливий пошук помилок і збоїв у роботі шляхом дистанційної діагностики (наприклад, за допомогою модему). Такі машини забезпечують економічне і швидке виготовлення високоякісної флексографічної продукції [8].

За видами друку крім чисто флексографічних, все частіше використовуються гібридні машини, у які інтегровано також друкарські апарати для інших способів друку.

За видами поверхонь, що задруковуються, машини поділяють на машини для друку на різних основах - картоні, папері, гофрованому картоні, металі,

плівках й інших матеріалах, а також універсальні. За універсальністю виконуваних процесів разом із автономними друкарськими машинами існують також комплексні виробничі лінії, у які інтегровано післядрукарські процеси.

Існують багато варіантів класифікації флексографічних машин за конструкцією.

У першому варіанті в основі класифікаційної ознаки лежить поняття друкарського модуля. Якщо виходити з того, що один друкарський модуль включає друкарський і формний циліндр, а також фарбовий апарат, то багатоколірні вузькорулонні машини можна розділити на машини планетарної і секційної побудови (рис. 2.1). Такий розподіл значною мірою обумовлено будовою друкарського апарата [13].

Машина планетарної побудови має кілька формних циліндрів навколо загального центрального друкарського циліндру (рис. 2.1, а).

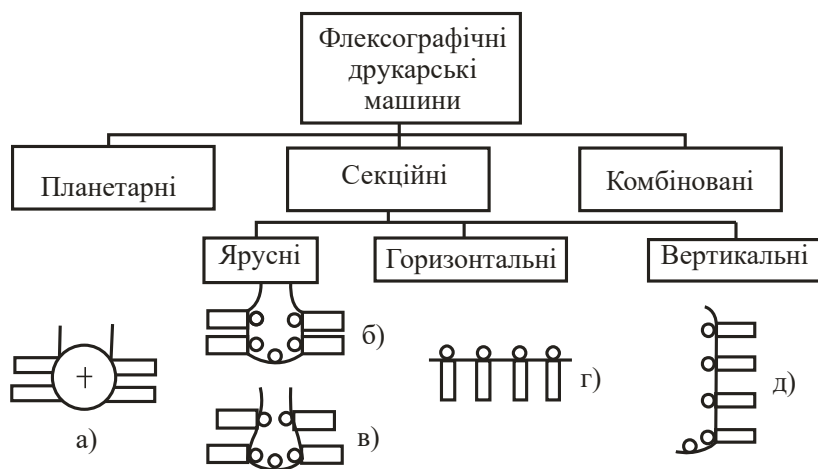


Рисунок 2.1 Класифікація схем побудови флексографічних друкарських машин

Решта машин відносять до машин секційної побудови (рис. 2.1, б, в, г). У них друкарський апарат — однофарбовий, він оснащений своїм друкарським циліндром.

Якщо в машині з розташуванням формних циліндрів навколо загального друкарського циліндру до кожного формного циліндра додати свій

друкарський циліндр, то такий варіант будови називають машиною ярусної побудови (рис. 2.1, б, в).

Секційні машини за розташуванням друкарських апаратів можна поділяють на машини з апаратами горизонтальної і вертикальної побудови. У машинах з розташуванням модулів по горизонталі (рис. 2.1, г) стрічка задрукованого матеріалу проходить через них горизонтально. Самі апарати розташовуються послідовно поруч один, з одним. У машинах з вертикальним розташуванням апарати (рис. 2.1, д) стрічка проходить через них умовно вертикально, а самі вони розташовуються один над іншим. Усі модулі практично однакові, та й розміщені вони однаково [15].

У кожному апараті на стрічку наноситься одна фарба з однієї сторони. За необхідності друку декількох фарб до складу машини включають відповідне число друкарських апаратів. Тому машини секційної і побудови з розташуванням друкарських апаратів по горизонталі мають досить велику довжину при відносно невеликій займаній площі. Такі машини потребують безперервного технологічного обслуговування (якщо їх ступінь автоматизації не висока), зате вони простіші в обслуговуванні і на них зручніше спостерігати за процесом друкування. Однак, якщо потрібно задрукувати матеріал, що тягнеться, (наприклад, тонку поліетиленову плівку), гарне поєднання фарб на секційній машині складно отримати через велику довжину стрічки між секціями й у машині в цілому.

Машини з вертикальним розташуванням друкарських апаратів мають невелику довжину і, відповідно, займану площу, що в ряді випадків дуже важливо і зручно. Довжина проводки задрукованої стрічки також менше. Однак, чим більше друкарських апаратів і довжина задрукованого зображення, тим вище машина і складність її обслуговування. З цієї причини подібні машини мають обмежене число друкарських апаратів і невеликі діаметри формного циліндра. У них, за інших рівних умов, навантаження на перекриття більше, ніж у машин з горизонтальним розташуванням друкарських апаратів.

Звичайно, можливі й інші варіанти побудови машин, а не тільки описані вище. Але і вони підпадуть під наведену вище і класифікацію. Наприклад, можлива побудова двохфарбових модулів з одним друкарським циліндром, як у деяких аркушевих машин. Таку машину можна віднести до машин планетарної побудови з декількома модулями, оскільки в основу класифікації покладений ДЦ [3].

Машини, у яких використовуються обидва варіанти побудови (планетарний і секційний) можна віднести до комбінованих машин. Прикладом такої машини може служити проста машина «Міні-флекс» (рис. 2.2). У ній дві фарби друкуються в планетарній частині друкарського модуля з одним загальним друкарським циліндром, а третя - окремо, у модулі зі своїм друкарським циліндром.

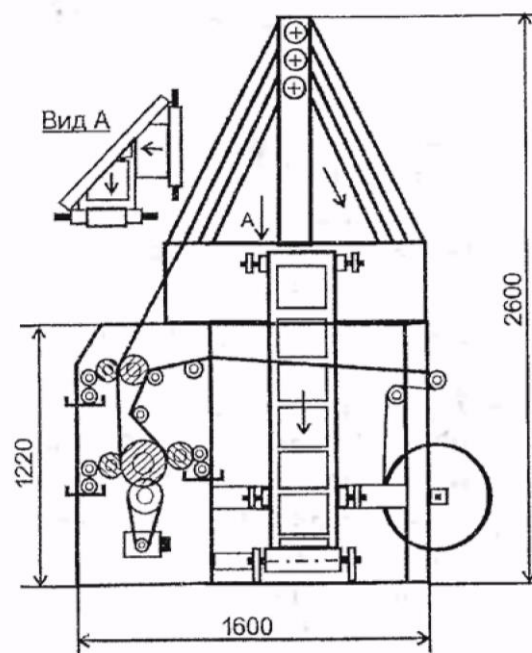


Рисунок 2.2 Комбінована машина з планетарним і секційним модулями

Цікавою представляється класифікація, відповідно до якої - всю безліч ФДМ можна розділити на п'ять груп: секції, що і вбудовуються, секційні ярусні машини, планетарні машини, лінійні секційні машини і комбіновані лінійні секційні машини або агрегати. Машини всіх груп застосовуються для задрукування і різних пакувальних матеріалів - від найтонших синтетичних

плівок до товстого картону - для друкування шпалери, етикеток; книг, шкільних зошитів і інших спеціальних виробів.

Також зроблена систематизація факторів впливу складових конструкції друкарського апарату на якість продукції і механіку друкарського контакту залежно від чотирьох груп показників: точності виготовлення конструкції друкарського апарату, точності елементів приводу друкарського апарату, жорсткості елементів приводу друкарського апарату і параметри налагодження друкарського апарату [4].

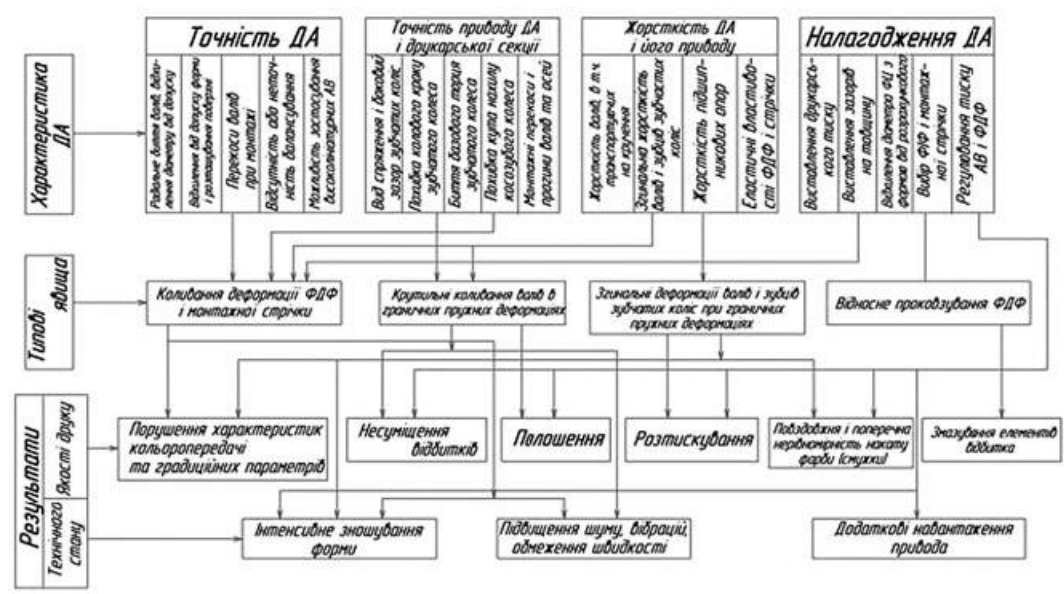


Рисунок 2.3 Систематизація факторів впливу складових конструкції друкарського апарату на якість продукції і механіку друкарського контакту

Існують багато моделей флексографічного обладнання, що оснащене різними засобами автоматизації технологічних процесів. Наприклад, багато виробників планетарних машин можуть запропонувати високопродуктивне друкарське устаткування, кероване електронікою, що має друк шириною від 120 до 160 см. їх доповнюють вузькорулонні; малоформатні малотиражні машини (із шириною полотна до 100 см) для невеликих тиражів.

2.2 Аркушеві флексографічні друкарські машини

Аркушеві флексографічні машини раніше застосовувалися для декорування гофрованого картону і складних коробок. Крім друку складних коробок і гофрованого картону ф використовується і для виробництва етикеток. Сучасне устаткування забезпечує точність поєднання $\pm 0,15$ мм у поздовжньому напрямку, що перевищує допуск офсету. Спеціально розроблені конструкції растрових валиків і друкарського циліндру забезпечують добре поєднання при безрейферній проводці аркушів. Однак необхідність сушіння відбитків найчастіше обмежує швидкість друку в межах 10 000 аркушів/год.

В Україні УкрНДІ СВД разом з Київським заводом «Київполіграфмаш» розроблені і впроваджені у виробництво аркушеві флексографічні друкарські машини ДВЛ-1800 (рис. 2.4), ТПФ-850 (рис. 2.5), ПФМ- 600, 2ФДМ-800 тощо. ДВЛ-1800 призначена для друку і висікання гофрокартону з максимальним форматом друку 1730x1080 мм, швидкість друку 4800 відбитків у годину [14].

Машина ТПФ-850 призначена для нанесення фарбових зображень на папір, аркуші суцільного або гофрованого картону, складених зшитих або склеєних заготовок картонної тари, паперових мішків.

Конструктивне виконання машини дозволяє одержувати зображення в кілька фарб при повторних прогонах продукції. Максимальний розмір заготовки 1800x1000 мм. Довжина накладного і вивідного столів 2900 мм.



Рисунок 2.4 Двохфарбова аркушева ДВЛ-1800 (Україна)



Рисунок 2.5 Однофарбова аркушева флексографічна друкарська машина ТПФ-850 (Україна)

Значною популярністю замовників користується типажний ряд аркушевих ФДМ для задруковування заготовок коробок з гофрокартону різної товщини (до 10мм): однофарбові ПФМ-600 (формат 600х1000 мм) ФДК-800 (формат 1000х1800 мм), машина модульної побудови 2ФДМ-800, що за бажанням замовника може поставлятися в одно-, двох- або трьохфарбових варіантах, а за необхідності - комплектуватися автоматичним пристроєм подачі аркушів.

Аркушеві ФДМ можуть бути ідеальні для малих тиражів з форматами аркушів, що варіюються. А їхня здатність друкувати на найтоншому папері для раритетних видань, так і на картоні для пакування пива товщиною до 2 мм роблять їх досить універсальними. Та й діапазон застосування досить широкий: він охоплює насичений друк плашок, нанесення товстих шарів лаку, металевих, і навіть ароматичних фарб [3].

2.3 Планетарні флексографічні друкарські машини

Тягнучі матеріали звично задруковують на машинах планетарної побудови, у яких друкарські модулі розташовуються навколо центрального друкарського циліндра великого діаметра. Стрічка на такому циліндрі практично не розтягується. Машини планетарної побудови при однаковій фарбовості мають відносно меншу площу, ніж секційні, що важливо при невеликих площах друкарських цехів. Але їх трохи складніше обслуговувати, ніж флексографічні машини секційної побудови. А кількість фарб, що наноситься на стрічку під час друку на одній стороні стрічки — менше (звичайно не більш шести фарб). Справа в тому, що для і розміщення великого числа друкарських апаратів потрібен високоточний циліндр великого діаметра, виготовлення якого може бути технічно складним. Вийти з цього положення можна, і агрегатуючи кілька планетарних секцій з відносно невеликим . числом друкарських апаратів у кожній секції [15].

Перша планетарна друкарська машина, у якій формні циліндри з фарбовими апаратами розташовувалися навколо великого центрального друкарського циліндра подібно до сателітів, з'явилася в 1953–1954 роках. Потреба у таких машинах виникла у виробництві, що обробляє синтетичні плівкові матеріали, оскільки така конструкція забезпечує оптимальні умови для приводки стрічки під час друку. У лінійних машинах полотно рухається від однієї секції до іншої через систему провідних валиків, що часто призводить до порушення суміщення фарб. Чим вища швидкість і легша конструкція машини, тим сильніше зміщуються фарби на полотні. Тому відхилення приведення в межах $\pm 0,15$ мм у флексографічному друку вважається допустимим.

У планетарній машині стрічка з рулону розмотується через стабілізатор натягу і потрапляє на загальний друкарський циліндр, де її перший формний циліндр притискає до друкарського. Далі полотно рухається без зсуву відносно циліндра і відривається лише після проходження через останню друкарську пару. За правильно організованої системи приводу точність подовжньої приведення становить 0,1 мм, а в сучасних моделях досягає 0,025

мм. Для ротаційних друкарських машин це є максимальною точністю, яка досягається без використання додаткових механічних чи електронних пристроїв для суміщення фарб.

Машини планетарної побудови (рис. 2.6) застосовуються для друкування полотнин шириною від 60 до 200 см і більше.

Їх розвиток здійснюється з урахуванням можливості задруковування таких матеріалів, як еластичні плівки для гнучких пакувань.

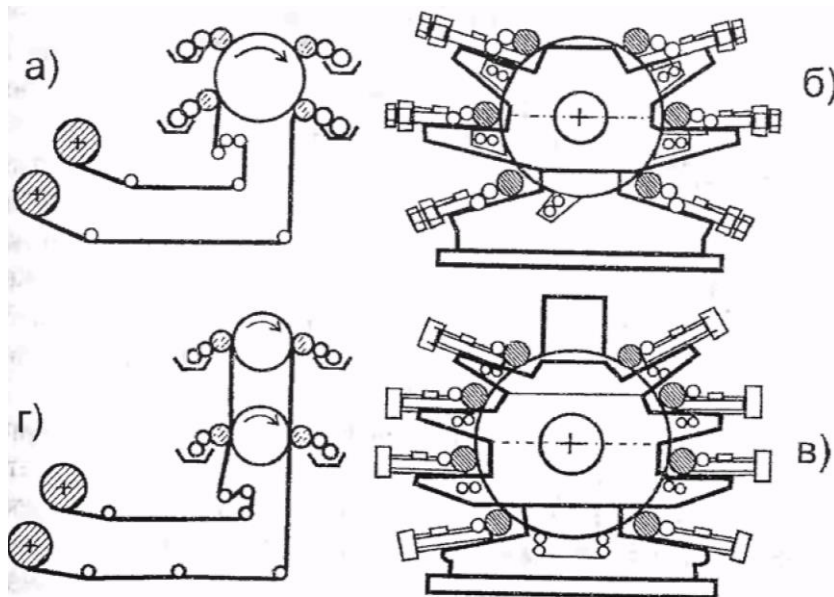


Рисунок 2.6 Схеми побудови ФДМ планетарного типу

Фарбові апарати і формні циліндри цих флексографічних друкарських машин компактно розміщені навколо центрального циліндра, створюючи планетарну конструкцію, що має як переваги, так і недоліки.

Особлива перевага центрального циліндра полягає в тому, що він забезпечує друк з точним поєднанням на тонких гнучких підкладках. Для досягнення необхідної рівномірності тиску друку друкарський циліндр повинен виготовлюватись з високою точністю, з мінімальним биттям у межах 5 мкм. Він має бути обладнаний системою терморегуляції з відхиленням $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (різниця в 1°C у сталевого циліндра діаметром від 1,8 м дає зміну радіуса близько 10 мкм).

Недоліком планетарної схеми побудови є важкий доступ до окремих

фарбових апаратів. Ці машини через короткий час проміжного сушіння при використанні водних і УФ фарб мають іншу, ніж секційні, швидкість друку. Іншою істотною перевагою планетарних машин є скорочення відходів матеріалів і, відповідно, зниження собівартості продукції, що випускається.

У машинах планетарної побудови використовуються такі . сучасні технології [7]:

- індивідуальна безступінчаста перестановка форматів за допомогою цифрової і високоточної техніки приводу;
- системи сушіння, в основному після друку (хоча іноді зони вбудовуються і між друкарськими апаратами);
- станції зарядки і приймання рулонів, що забезпечують автоматичну зміну рулонів при максимальній швидкості друку;
- гільзова техніка для ФЦ і растрових валиків з напівавтоматичною технікою зміни гільз;
- високоточні пристрої для намотування і регулювання натягу полотна в комбінації із застосуванням цифрової автоматики, що гарантують оптимальне транспортування матеріалу по всій машині.

Основна область використання таких машин — друк на гнучких пакувальних матеріалах (полімерні плівки, папір або алюмінієві плівки для виготовлення полімерних етикеток, пакування для глибоко заморожених продуктів, заповнюваних ємностей і ін.).

Звичайна ФДМ планетарної побудови має ступеневу зміну довжини формату друку. Однак найсучасніші моделі і використовують техніку прямого приводу, що дозволяє точно підігнати окружну швидкість циліндра і растрованих валиків до швидкості руху полотна ЗМ. А це забезпечує оптимальну якість - невелике розтискування растрових елементів і чистий друк тонких ліній і шрифтів (у тому числі і негативних) [4].

Машини високого рівня працюють з використанням цифрового керування що враховує товщину друкарської форми , довжину і властивості задрукованого матеріалу, установлює друкарські апарати з допуском у 1

мкм, що забезпечує високу точність поєднання фарб.

За допомогою комп'ютерної технології контролюється натяг полотна, температура фарби й ін., вбудовуються системи діагностики, полегшуючи роботу оператора. Стандартні планетарні машини мають ширину друку від 1300 мм, довжину друку до 1000 мм при виробничій швидкості до 6,7 м/с.

Таким чином, основними перевагами машин планетарної побудови в порівнянні із секційними машинами є:

- значно більший діапазон матеріалів, що задруковуються;
- краще поєднання фарб на відбитку;
- менше відходів під час приладки і друку тиражу;
- менший час приладам;
- використання всього діапазону паспортних швидкостей, при незмінно високій якості;
- нижчі вимоги до кваліфікації друкаря;
- менший час монтажу і пусконаладжувальних робіт;
- планетарні машини компактніші від секційних.

На рис 2.7 представлена флексографічна друкарська машина: RollFlex-1000 планетарного типу.

До складу машини входять наступні компоненти.

- модуль печатки планетарного типу з автоматичним; позиціонуванням, двопозиційною гідравлічною системою притиску циліндра при друці ;
- автоматичний контроль в'язкості фарби, система автоматичної циркуляції фарби;
- сушильна камера між друкованими секціями;
- система керування на програмувальному логічному контролері (PLC)
- двоканальний блок розмотування й намотування, що забезпечує безперервну печатку з напіваавтоматичною функцією з'єднання полотна матеріалу;
- триступінчастий контур автоматичного регулювання натягу зі зворотним зв'язком при швидкості до 200 м/хв

- накатної валик або пристрій навантаження/ розвантаження рулонів матеріалу із приводом від двигуна
- автоматична система підтримки постійної температури в сушильній камері

Технічні характеристики наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Технічні характеристики флексографічної друкарської машини RollFlex-1000

Технічна характеристика	Величина
Швидкість	200 м/хв.
Швидкість друку	100-160 м/хв.
Ширина полотна матеріалу	1050 мм
Макс. діаметр рулону	800 мм
Макс. ширина рулону, що скручується:	1050 мм
Макс. діаметр рулону, що скручується:	800 мм
Ширина друку	1000 мм
Повторювана довжина	350-1000 мм
Корекція друкарського циліндра	попер. ± 10 мм, продольн. ± 5 мм, налагодження без зупинки друку
Кольоровість друку	6 кольорів, односторонній друк
Споживана потужність	57 кВт (включає потужність двигуна: 26 кВт + потужність пристроїв ІК сушіння: 26 кВт + нагнітальний вентилятор пристрою сушіння 5 кВт)
Маса:	15 тонн
Розміри (Довжина x Ширина x Висота)	10 x 4 x 3,9 м



Рисунок 2.7 ФДМ планетарної побудови Fevajlex 8 (Тайвань)



Рисунок 2.8 Восьмифарбова флексографічна друкарська машина TCF-450 японської фірми Taiyo Kikai LTD

Японська фірма Taiyo Kikai LTD представляє на ринку флексографічні друкарські машини планетарної побудови серії TCF із шириною друку до 250 мм, 450 мм і 800 мм. Зокрема флексографічна друкарська машина TCF-450 (рис. 2.8) із центральним друкарським циліндром діаметром 1800 мм може задруковувати полотно шириною 450 мм, має 8 друкарських секцій. Решта технічних характеристик машини наведено в табл. 2.2 [10].

Таблиця 2.2.

Технічні характеристики флексографічної друкарської машини TCF-450-8С

№	Технічна характеристика	Величина
1	Максимальна ширина полотна	450 мм
2	Максимальна швидкість друку	150m/min
3	Максимальний діаметр роля	800 мм
4	Діаметр центрального друкарського циліндру	1800mm
5	Система приводки друку	
6	Поперечна приводка	Ручна приводка ± 5.0 мм
7	Поздовжня приводка	Ручна приводка ± 2.4 мм
8	Система перевероту полотна	Одна (Між 4-й і 5-й друкованими секціями)
9	Максимальний діаметр намотування	800 мм
10	Система відеоконтролю друку	Одна (BST brand, Germany) Для перегляду спереду флексографської машини
11	Система охолодження	Одна (C.I.D.)
12	Анилоксові вали	10 штук

13	Основний мотор	АС 18.5 кВт
14	Повітряний компресор	1.5 кВт
15	Споживана напруга	3-х фазне: 380У 50Гц

Широкоформатна флексографічна машина MIRAFLEX II С американської компанії Windmüller & Hölscher (рис. 2.9) є інтелектуальною флексографічною машиною, яка, завдяки вдосконаленому дизайну та інтегрованим модулям автоматизації, ще більше підвищує ефективність та стійкість. Автоматичне очищення формного циліндра, а також системи очищення фарби та чорнила TURBOCLEAN ADVANCED E з електричними насосами для циркуляції тиску без пульсації - лише два приклади для численних нововведень, що входять до складу нової машини [5]. Технічні характеристики машини наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Технічні характеристики флексографічної друкарської машини MIRAFLEX II CM американської компанії Windmüller & Hölscher

Технічна характеристика	Величина
Друкарських секцій	8/10
Ширина друку	820 - 1450 мм
Максимальна довжина рулону	макс. 800 мм
Максимальна швидкість друку	500 - 600 м / хв.



Рисунок 2.9 Широкоформатна флексографічна друкарська машина 94 DF/S CNC



Рисунок 2.10 Флексографічна друкарська восьмифарбова машина з центральним друкарським циліндром ФДР-420/8 (Київполіграфмаш, Україна)

Дослідження та розробки у цій галузі здійснюють УкрНДІ СВД та підприємство „Київполіграфмаш“.

Восьмифарбова вузькорулонна флексодрукарська машина планетарної конструкції ФДР-420/8 (рис. 2.10) може декорувати виріб спиртовими та водними фарбами за допомогою восьми кольорів, за потреби - ультрафіолетовою фарбою або лаком у додатковій секції, на рулонних матеріалах із повнокольоровими зображеннями та застосуванням спеціальних додаткових кольорів. Додатково за наявності необхідних секцій машина дозволяє виконувати такі операції, як ламінування, лакування, холодне тиснення, висікання, обрізання країв та подовжнє різання. Основні технічні характеристики наведені в табл. 2.4.

Флексомашина здатна працювати як із гнучкими, так і з жорсткими матеріалами, зокрема: самоклеючими матеріалами (папір, плівка), ламінованими матеріалами, включаючи полімерні плівки, пергамін, фольгу, алюмінієву фольгу та ковбасні оболонки (белкозін, поліамід та ін.). Каркас секції забезпечує точне суміщення фарб і стабільний тиск у друкарських зонах. Друкарський циліндр та формні вали встановлені на підшипниках високої точності фірм SKF та INA.

Машина характеризується оптимальним рівнем автоматизації для забезпечення високої продуктивності та зручності обслуговування, оснащена триконтурною системою регулювання натягу та роздільним керуванням тиском анілоксових і формних валів.

Таблиця 2.4 Технічні характеристики флексографічної друкарської восьмифарбової машини з центральним друкарським циліндром ФДР 420/8

Технічна характеристика	Величина
Макс. швидкість, м/хв.	250
Тип фарбового апарату	з закритими ракульними камерами
Кількість друкарських апаратів	8
Макс. ширина друку, мм	420
Довжина друку, мм	209...500
Макс. діаметр роля на розмотуванні/намотуванні, мм	600/600
Тип сушіння	тепловий
Загальна потужність, кВт	30
Габаритні розміри, мм	6850x2100x2300
Маса, кг	8000

Машина оснащується системою відеоконтролю друку з регульованим збільшенням зображення, що дозволяє зручно контролювати друк.

2.4 Гібридні друкарські машини

Гібридні друкарські машини - це машини де флексографічні друкарські секції одночасно поєднанні з офсетними, трафаретним чи друкарськими секціями інших способів друку, тому числі з друкарськими секціями цифрового друку, а також із будь-якими способами після друкарської обробки друкарської продукції.

У гібридній друкарській машині Speedmaster SM74-4+L фірми Heidelberg є чотири секцій офсетного друку і додаткова флексографічна друкарська секція (рис. 2. 11, рис. 2.12).

При проектуванні сучасних гібридних друкарських машин потрібно враховувати сучасні тенденції до падіння тиражів і збільшення асортименту

задруковуваних виробів для нових ринків збуту. Друкарські апарати цих машин можуть мати і постійний, і змінний формат шляхом заміни вставних модулів друкарської секції. Так, змінний флексографічний вставний блок може бути поставлений у друкарський апарат на місце друкарського блоку офсетного методу друку. Такими блоками можуть додатково оснащуватися й існуючі офсетні машини. і тоді це устаткування легко зможе друкувати захисними й іншими фарбами, наносити лаки, клеї, силіконовий шар і металеві фарби. Комбінація «мокрый» офсет/флексо, як гібридне виконання, може забезпечити друк найрізноманітнішої продукції [4].

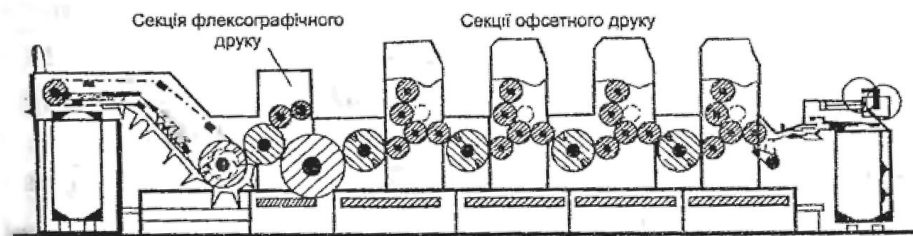


Рисунок 2.11 Схема гібридної машини Speedmaster SM74-4+L фірми Heidelberg



Рисунок 2.12 Гібридна ДМ SW4-4+L фірми Heidelberg



Рисунок 2.13 Гібридна ДМ COMCO CADET

Крім того, до такого устаткування можуть бути підключені пристрої для подовжнього і поперечного фальцювання. Пакувальні видання і рекламні матеріали можна персоналізувати і постачати етикетками і талонами зворотного зв'язку; використовуваними в розсильній торгівлі і рекламі. За допомогою флексографічних агрегатів наносяться різні покриття, виконується штанцювання або намотування в рулони.

Машини серії Comco Cadet (рис. 2.13) випускаються в декількох варіантах і відрізняються один від одного не тільки шириною полотна. Так, Comco Cadet 7 "може працювати з ролями шириною до 178 мм і має вакуумне регулювання кромки полотна. А модель Comco Cadet 10 "з шириною роля 254 мм оснащується вже електронним регулюванням кромки полотна. Відносно нова Comco Cadet 13 "(максимальна ширина полотна 330 мм) крім тих же переваг, що і у попередньої моделі, має більш високу швидкість друку. Основне призначення серії Cadet - виробництво етикеткової продукції. Флексографічна друкарська машина CADET зручна в роботі, легко пристосовується під вимоги друкарського тиражу, допускає конфігурацію до семи друкарських станцій і чотирьох штанцювальних секцій.

До додаткових вузлів і оснащення, що здобувається за бажанням замовника, відносяться:

- модулями ультрафіолетового сушіння
- пристрій перевертоту полотна;
- вузол розшарування і припресування матеріалу;

- секція поздовжнього різання дисковими ножами;
- секція ламінування;
- реверсивний шпindel намотування;
- плоский штанцювальний пристрій;
- конвеєр з лічильником;
- фальцювальний пристрій.

Гібридна друкована машина [Mark Andy Digital Series](#) є єдиною платформою, що поєднує флексографічний друк й механізм транспортування рулону з УФ-струминним друком, модулями обробки й перетворення продукції. Це рішення призначене для друкарень етикетки, де потрібна підвищена продуктивність, гнучкість і можливості, недоступні для існуючих автономних флексо й/або цифрових машин.

Друкарська лінія Mark Andy Digital Series поєднує флексографський і цифровий струминний друк із післядрукарською обробкою в межах єдиного технологічного процесу (рис. 2.14). Це високопродуктивне гібридне рішення ідеально підходить для коротких тиражів.

Mark Andy Digital Series – модульне обладнання, розроблене на базі серії Performance Series. Лінія включає секцію п'ятифарбового струминного УФ-друку (СМУК+білий) та довільну кількість флексографічних, трафаретних або післядрукарських модулів, таких як лакування, нанесення холодної фольги тощо, які можна встановлювати з будь-якого боку друкарської машини. Передбачена станція лакування прозорими та криючими лаками з можливістю вибіркового, суцільного або тонального нанесення. Основні технічні характеристики наведені в табл. 2.5 [16].

Можливі опції комплектації гібридної друкарської машини Mark Andy Digital Series:

- ламінування;
- лакування криючим або прозорим лаком;
- холодне та гаряче тиснення фольгою;
- ротаційний трафаретний друк;

- конгревне тиснення;
- пристрій швидкої зміни штампів;
- напівротаційна висічка;
- каскадний транспортер;
- поздовжнє різання та бігування;
- подвійна система намотування;
- поворотна штанга;
- станція флексографічного друку.

Лінія оснащена пристроєм коронного розряду, системою контактного очищення полотна та штангами для антистатичної іонізації.

Переваги використання гібридної друкарської машини Mark Andy Digital Series:

- висока продуктивність;
- універсальність: можливість нанесення різноманітних покриттів, обробки й висічки в одному технологічному ланцюзі;
- гнучкість завдяки модульній конфігурації;
- простота експлуатації та інтуїтивний інтерфейс;
- надійність, оскільки лінія побудована на базі перевіреної серії

Performance Series;

• повністю автоматизований робочий процес на платформі Mark Andy ProWORX під керуванням Esko із можливістю адаптації програмного забезпечення під потреби конкретної друкарні.



Рисунок 2.14 ФДМ PW-180DLHNC фірми Labelmen Machinery Co., Ltd (Тайвань)

Таблиця 2.5 Технічні характеристики гібридної друкарської машини Mark Andy Digital Series

Технічна характеристика	Величина
Ширина полотна	336 мм;
Ширина цифрової друку	318 мм;
Ширина флексографського друку	330 мм
Швидкість друку	73 м/хв
Сумісні матеріали	чутливі до тиску папір і плівки, деякі види картону, різні пакувальні матеріали.

Усі моделі машин фірми Nilpeter (Данія) (рис. 2.15 і рис, 2.16) мають модульну побудову. Завдяки цьому, будь-яку машину завжди можна доукомплектувати додатковими друкарськими апаратами, висічними пристроями, системами керування подачею полотна, автоматичним пристроєм контролю приводки, спеціальними пристроями і допоміжними апаратами - у залежності від нових потреб виробництва. Усе це дозволить друкарням вигравати в конкуренції в найближчі і наступні роки. Якщо в друкарні встановлено кілька машин однієї моделі, то на всіх цих машинах можна використовувати ті самі растрові вали, ФЦ і спеціальні інструменти. Цілий ряд допоміжних пристроїв і запасних частин може використовуватися на різних машинах [6].

Одним із популярних рішень у сфері виробництва етикеток є флексографічна друкарська машина Nilpeter F-2400 (Данія). Ця машина працює за ротаційним принципом із циліндрами, що приводяться в дію відповідними механізмами. Ширина рулону для друку становить 240 мм, ширина друку – 220 мм, а робоча ширина висікального пристрою – 230 мм. Компанія Nilpeter також виробляє моделі з більшою шириною рулону.

Кількість друкованих секцій може варіюватися від 1 до 9, а сушіння відбитків здійснюється гарячим повітрям або УФ-випромінюванням. Машина дозволяє комбінувати флексоdruk із іншими методами друку, наприклад, за

допомогою ротаційної трафаретної секції можна досягти товстого шару фарби та високої насиченості відбитків.

Для забезпечення високої якості друку на машині передбачено низку пристроїв:

1. Здвоєний пристрій розмотування з підйомом рулонів.
2. Секція введення полотна з противагами для регулювання натягу.
3. Іонна установка для видалення пилу з полотна.
4. Автоматичний контроль приводки по довжині відбитків.
5. Охолоджувальні валики.
6. Негативний (зустрічний) ракель.
7. Касети для різних типів флексографічних фарб.
8. Пристрій обертання полотна для друку з оберту.
9. Устаткування для друку етикеток на подвійному полотні з вкладкою.
10. Ламінуючий пристрій для нанесення самоклеючих плівок.
11. Ротаційний висікальний пристрій із регульованими позиціями висічки.
12. Пристрій поздовжнього різання полотна.
13. Відсмоктування макулатури при обрізці крайок.
14. Ротаційний пристрій для поздовжньої перфорації.
15. Пристрій для нумерації ротаційного типу.
16. Апарат для фальцювання зигзагом.
17. Пристрій поперечного різання полотна.

При використанні УФ-фарб та лаків модулі сушіння оснащені лампами потужністю 120–160 Вт/см. Для друку на плівкових матеріалах застосовується коронний розряд.

Машина Nilpeter FA-3300 вирізняється повністю модульною конструкцією, що дозволяє адаптувати конфігурацію під конкретне замовлення або тип сировини. Відкрита консольна конструкція забезпечує легкий доступ до формного, дукторного та растрових валів, а сучасна ракельна

система усуває проблему розбризкування фарби. УФ-сушіння оснащено системою GLS, яка дозволяє плавно регулювати потужність ламп і подовжує їх термін служби, при цьому без виділення тепла та озону.

FA-3300 підтримує комбінації флексо-, трафаретного та глибокого друку, а також різноманітні оздоблювальні процеси. Секції сушіння підходять для фарб на основі розчинників, водорозчинних і УФ-фарб. Кількість друкованих секцій варіюється від 1 до 12, а додаткове обладнання може включати:

- комплекси для безперервного виробництва;
- пристрої очищення полотна та коронної активації;
- системи транспортування плівкових матеріалів;
- УФ-ламінування, антистатичну обробку;
- автоматичне регулювання поздовжньої приводки;
- поздовжнє та поперечне різання, холодне тиснення та ламінування;
- різні комбінації висікальних пристроїв.

Нова система транспортування полотна забезпечує точну приводку навіть при дуже тонких плівках (від 15 мкм). Друк у два прогони здійснюється за допомогою пристрою Insetter. FA-3300 оснащена комп'ютеризованою системою керування із сенсорним екраном, що відображає технологічну та сервісну інформацію, а також дозволяє підтримувати online-зв'язок із компанією Nilpeter для контролю технічного стану машини.

Таблиця 2.6 Технічні характеристики друкарської машини Nilpeter FA-3300

Технічна характеристика	Величина
Ширина полотна для друку,	макс 340 мм
Ширина полотна для друку (папір),	170 мм
Ширина полотна для друку (самоклеюча плівка),	225
Ширина друку,	330 мм
Ширина висічки (висікального пристрою ротаційного типу),	330 мм
Довжина відбитків,	макс. 190,5/381 мм
Швидкість руху полотна ,	макс. 175 м/хв .
Діаметр рулону в розмоточному пристрої	макс 750 мм

Діаметр рулону в намотувальному пристрої,	макс. 700 мм
Потужність привода:	11,5 кВт
Споживана потужність 6-барвистої друкованої машини (сушіння гарячим повітрям),	62 кВт
Площа, займана 6-барвистою друкованою машиною, включаючи висікальний пристрій ротаційного типу	6785x2420 мм



Рисунок 2.15 Гібридна друкарська машина Nilpetter F-2400 фірми Nilpetter (Данія)



Рисунок 2.16 Гібридна друкарська машина Nilpetter FA-3300

Вузький формат друкованого полотна дозволяє працювати із дрібними й середніми замовленнями, собівартість яких буде гранично мінімальна, і, як наслідок, ціни на вироблену друковану продукцію будуть максимально конкурентоспроможними.

2.5 Вузькорулонні друкарські машини

Бурхливо розвиваючий ринок поліграфії висуває до сучасних друкарень усе більш високі вимоги до гнучкості друкарського виробництва, до універсальності використовуваного устаткування, що має оперативно, перебудовуватися з вирішення одних задач на інші, переходити з друку великих тиражів на малі. Найбільш ефективно вирішення цих задач можливе при використанні вузькорулонних флексографічних друкарських машин (ФДМ), здатних на єдиній базовій комплектації виконувати великий перелік поліграфічних операцій, легко перебудовуватися і дооснащуватися додатковим устаткуванням. Вузькорулонні флексографічні друкарські машини мають сьогодні великий попит у зв'язку з розвитком індустрії пакування й етикетки. Самоклеючі етикетки надзвичайно технологічні. При швидкості їхнього нанесення 15-20 тис. штук у годину можна забезпечити таку якість і точність приклеювання, яку неможливо досягти при використанні звичайних етикеток. Крім того, що самоклеючі етикетки добре наносяться на будь-яке пакування і дають можливість підібрати однорідні за вмістом матеріали для етикетки і пакування, що значно полегшує процес утилізації. За оцінками деяких експертів у країнах Західної Європи більше 70 % від всіх етикеток, що випускаються, складають самоклеючі, велика частина яких друкується на флексографічному устаткуванні. На вітчизняному ринку в даний час спостерігається постійне зростання виробництва етикеток, що самоклеються [4]. Це зв'язано, по-перше, із усе зростаючими потребами вітчизняних виробників; по-друге, виробництво етикеток і пакувань — це високоприбутковий і швидко окупний бізнес. Устаткування (у залежності від завантаження) окуплюється за рік-два. Іншим повноцінним застосуванням вузькорулонних флексографічних друкарських машин є друк і виготовлення плівкових і металізованих пакувань; звичайних, і термоусадочних етикеток; пакувань з полегшеного картону, фольги; текстильних ярликів, ламінованих матеріалів і т. ін.

У категорію вузькорулонних флексографічних машин традиційно відносять апарати із шириною друку до 600-550 мм. Раніше такі машини використовувалися в основному для друку етикетки, але останнім часом спектр їхнього застосування значно розширився [5].

Сьогодні найбільш популярні вузькорулонні флексографічні машини із шириною друку 250-280 мм., щоб по ширині полотна вміщалося 2-3 етикетки. Агрегати із шириною більше 400 мм. часто відносять до універсального.

За типом побудови вузькорулонні машини поділяються на лінійні, планетарні і ярусні. Переважна більшість вузькорулонних машин складають машини лінійної секційної побудови. Переваги таких машин—простота конструкції, легкість дооснащення додатковим устаткуванням, зручність в обслуговуванні. Будь-яка секційна флексографічна машина може бути умовно розділена на чотири основних частини (рис. 2.17):

- систему подачі і намотування полотна;
- друкарські секції;
- секції обробки;
- системи контролю поздовжньої приводки.

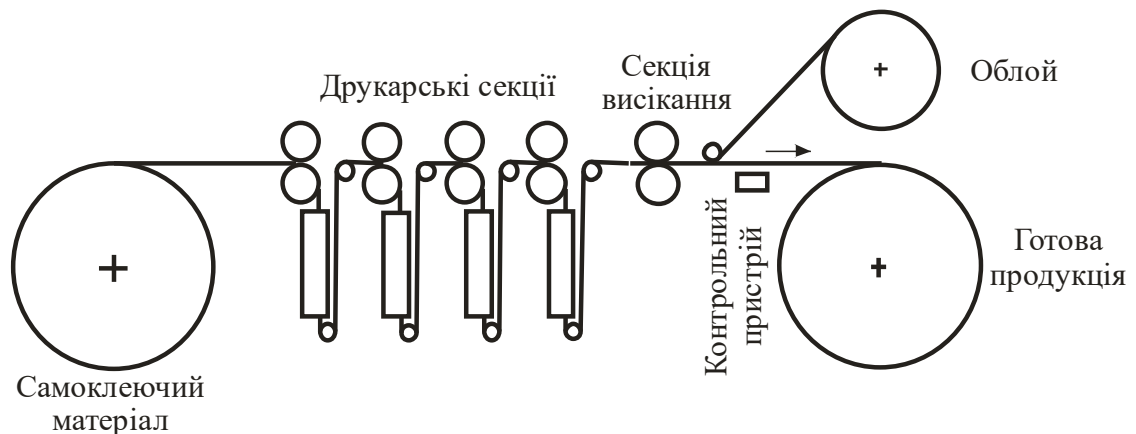


Рисунок 2.17 Схема роботи вузькорулонної флексографічної друкарської машини для друку самоклеючих етикеток

Сервоприводна флексографічна друкована машина FL-3 (рис 2.18) працює із широким спектром матеріалів завдяки незалежності приводів формного й друкованого циліндрів (2 сервопривода на секцію) [3]. Машина

має високу продуктивність із максимальною механічною швидкістю до 200м/хв; працює з матеріалами, що тягнуться, завдяки надчутливому контролю натягу. Решта технічних характеристик машин наведена в табл. 2.7. Машину можна підготувати до друку із високою швидкістю підготовки машини й мінімальними простоями між тиражами (до 10 хвилин для 8 флексодрукарських секцій). Повністю автоматична система керування й підтримки поздовжньої й поперечної приводки "Mark-to-Mark" забезпечує найвищу точність приводки завдяки камерам високого дозволу. Машина Edale FL-3 можна оснастити широким спектром додаткового устаткування: пристроєм холодного тиснення й ламінування, переверотною рамкою, пристроєм трафаретного друку, станцією гарячого тиснення, тощо

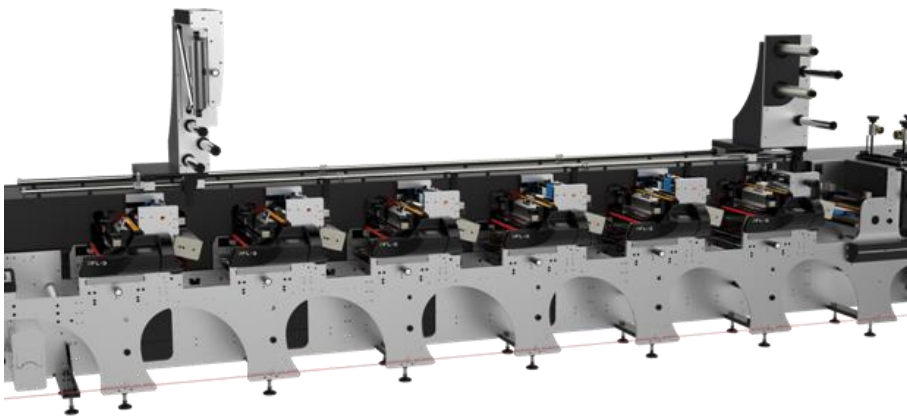


Рисунок 2.18 Вузькорулонна флексографічна друкарська машина Edale FL-3

Таблиця 2.7 Технічні характеристики флексографічної друкарської машини Edale FL-3

Характеристика	Значення
Тип машини:	лінійна сервоприводна
Максимальна ширина матеріалу (мм):	350 або 430
Кількість сервоприводів на флексодрукарську секцію:	2
Максимальна кількість секцій флексодруку:	12
Мінімальний рапорт друку й висічки (мм):	203.2 мм

Максимальний рапорт друку й висічки (мм):	609.6 мм
Максимальна швидкість флексодруку (м/хв):	200
Діапазон товщин матеріалів (напівтемних):	12-450**
Макс. діаметр роля на розмотуванні (мм):	1000
Макс. діаметр роля на намотуванні (мм):	1000

Планетарні машини досить компактні і володіють рядом переваг перед лінійними (стабільність приводки, менший шлях проводки полотна й ін.). Однак "планетарки" дорожче секційних машин такої ж фарбовості на 20-30% через більш складну конструкцію. До речі, серед машин початкового рівня досить багато планетарних. Це пов'язано з тим, що більш-менш прийнятна точність поєднання фарб на простих машинах може бути отримана тільки при використанні центрального друкарського циліндру (ДЦ) [1-4].

Вузькорулонні ярусні з вертикальним розташуванням секцій машини зустрічаються досить рідко, тому що в цій схемі немає інших видимих переваг, крім невеликої займаної площі. Зазвичай це невеликі машини початкового рівня.

Однак зразок такої машини випускає вітчизняне підприємство. Вузькорулонна п'яти фарбова флексографічна машина ФДР-210/5 - універсальна вузькорулонна машина флексографічного друку «ярусної» побудови з можливістю установки оздоблювальних секцій по висіканню, обрізці країв полотна, подовжньої розрізки, лакування і ламінації.

За допомогою цієї моделі можна здійснювати повно кольоровий друк етикеткової, пергаміну, алюмінієвої фольги, плівки, папір, самоклеючі і ламіновані матеріали, різної пакувальної продукції, ковбасної оболонки (поліамід, білкозин т.і.), з її відповідною обробкою.

Компактна конструкція машини забезпечує універсальність у виборі матеріалу, що задруковується, легкий доступ до друкарських секцій і скорочує час заміни валів і приладку при переході на інший тираж. Машина має плавне регулювання швидкості і керується контролером з виводом необхідної інформації на дисплей



Рис. 2.19 Вузькорулонна п'яти фарбова флексографічна машина ФДР-210/5 (Київполіграфмаш, Україна)

Таблиця 2.8 Технічні характеристики флексографічної машини ФДР-210/5

Макс. швидкість, м/хв	80
Макс. ширина матеріалу/друку, мм	210/200
Макс. діаметр роля на розмотуванні/намотуванні, мм	600/600
Довжина друку, мм	190...400
Варіант друку	5+ 0 (2+3) або (1+4) (спеціальне виконання)
Тип сушки	інфрачервона
Загальна встановлена потужність, кВт	3,6
Габаритні розміри, мм	1228x900x1420
Маса, кг	580

Конструкція машини багато в чому визначає надійність і довговічність роботи. Кріплення друкарських секцій може бути консольним (секція кріпиться однією стороною) і двостороннім (з опорою секції на двох стінах). Машини із шириною рулону до 30 мм часто мають консольне кріплення

друкарських і висікальних секцій. Така конструкція менш жорстка, особливо вразливе місце - секція висічки [12].

Використання важких висікальних штампів розслаблює кріплення секції, що негативно позначається на якості роботи. У консольної схеми є і переваги. Вона більш дешева і забезпечує більш зручний доступ до секцій. Слід звернути увагу на товщину стінок станини і друкарських секцій, а також на метал, з якого вони виготовлені. Товщина стійок у різних машин варіюється від 15 до 30 мм. Чим товщина більша, тим краще, однак, машина має укладатися в задані вагові характеристики, інакше вона провалиться крізь перекриття. В якості матеріалу може використовуватися сталь або алюміній; найкраще - нікелева сталь.

Зараз існує тенденція відмовлення від використання в машинах гідравлічних приводів, замість них намагаються застосовувати електричні і пневматичні.

2.6 Перспективи і тенденції розвитку флексографічного устаткування

Останнім часом у центрі уваги машинобудівників знаходиться прямий привід поліграфічних машин способів друку. Подібні машини з прямим приводом мають істотні переваги в порівнянні зі звичайними конструкціями. До них відносяться:

- можливість безступінчастої установки довжини друку;
- оптимальне регулювання для будь-якої товщини друкарського матеріалу;
- коректування довжини повторюваного рисунка; —коректування поєднання по довжині під час нескінченного друку;
- непотрібність зміни форматних шестерень і зубчастих муфт. Такі машини зараз з'явилися і у флексографічному друці. При оснащенні аркушевих флексографічних машин планетарної побудови із прямим приводом особливо високі шанси на точність поєднання. Завдяки цій техніці

можна забезпечити необхідну точність ± 50 мкм [8].

Реалізовані в останні роки заходи для підвищення якості створили передумови для наступу флексографічного друку на ринки, де раніше домінували інші способи.

Інша тенденція - це післядрукарська обробка цилінду. У друкарській машині, поряд із друкарськими процесами, мають місце етапи заключної обробки - розрізка, штанцювання, лакування і тиснення, так що з флексографічного апарата виходитиме цілком готовий продукт.

Також перспективною тенденцією розвитку флексографічного друку є проектування система гільз, що замінює собою звичайний формний циліндр флексографічної друкарської машини, підвищуючи економічність виробництва.

Головними перевагами гільзи, що надягається на циліндр, є варіантність друкованої довжини і розміщення готових формних пластин на гільзі. Сучасні гільзи дають можливість охопити при використанні того самого пневматичного циліндра діапазон довжин друку, що відрізняються на 150 мм. Багато відомих виробників устаткування випускають так звані швидко переобладнуванні машини, у яких заміна гільз виконується безпосередньо в друкарських машинах. Сучасні системи гільз мають довжину друку від 100 до 2000 мм і ширину друку від 100 до 4500 мм, охоплюючи, таким чином, усі сегменти форматів флексографічного друку. Можливо, майбутнє належить саме компресійним гільзам і тонким пластинам. Однак при цьому тонка пластина буде попередньо монтуватися як проста заготовка, а зображення записується лазерним променем. У результаті здійснюється технологія "з комп'ютера на гільзу" (Computer-to-Sleeve).

2.7 Висновки до розділу 2

В даному розділі уточнена класифікація флексографічних друкарських машин, проаналізовані переваги, недоліки і сфера застосування кожної групи флексографічних друкарських машин, систематизовано фактори експлуатації флексографічного друкарського устаткування, що впливають на якість друку. Також розглянуті перспективи застосування та вдосконалення конструкцій кожного типу флексографічних друкарських машин.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ДРУКАРСЬКОГО АПАРАТУ ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ

3.1 Опис конструкції друкарського апарату флексографічної машини

Технологічна схема досліджуваної аркушевої флексографічної машини представлена на рис. 3.1. Самонаклад 1 забезпечує поштучне відокремлення аркушів від стопи та їх подачу до друкарської секції 2. Максимальна висота стапеля становить 200 мм. Вузол відділення та транспортування оснащений механічними штовхачами, які здійснюють синхронні зворотно-поступальні рухи, ритмічно подаючи аркуші в друкарську секцію 2. Вакуумні камери стола вирівнюють площину гофрокартону та забезпечують стабільність його подавання. За потреби подачу аркушів можна швидко зупинити під час роботи машини за допомогою механізму підняття стопи [5].

Друкарська секція 2 призначена для нанесення зображення на аркуші гофрокартону флексографічним методом із використанням фарб на водній основі. Друкарський апарат разом із транспортною системою забезпечує перенесення зображення з фотополімерних форм.

Фотополімерна форма закріплюється на формному циліндрі 9 за допомогою двосторонньої клейкої стрічки. Координатна сітка на поверхні формного циліндра призначена для точного позиціювання форми. Фарбовий апарат 10 має у своєму складі з анілоксовий та дукторний вали, а також системи подавання фарби.

Вали фарбового апарата мають два режими роботи:

- **Робочий режим** – вали обретаються синхронно з формним циліндром за посередництва головного привода лінії під час друку.
- **Автономний режим** – обертання відбувається від окремого привода за вимкненого головного (наприклад, під час аварійної зупинки, переналагодження чи миття).

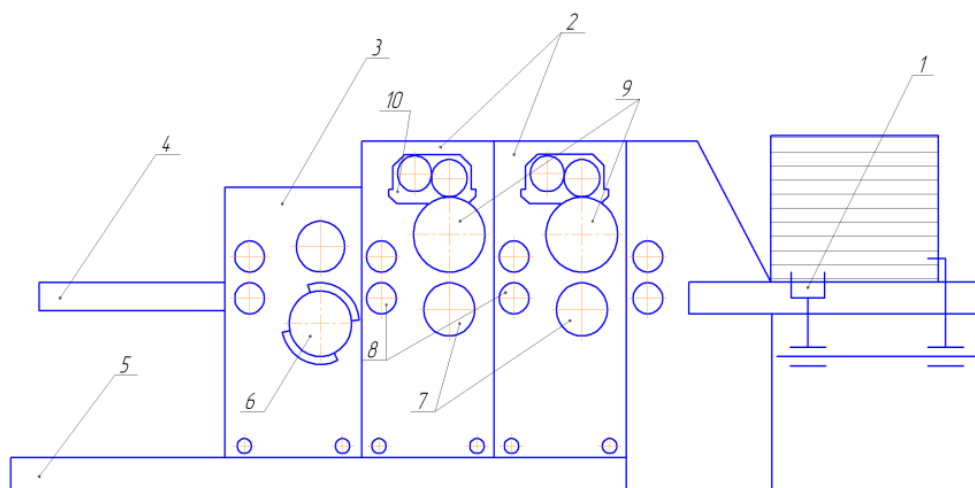


Рисунок 3.1 Структурна схема аркушевої флексографічної машини
 1 – самонаклад; 2 – ДС; 3 – висікально-бігувальна секція;
 4 – приймальний стіл; 5 – рейки; 6 – циліндр зі штаницформою;
 7 – ДЦ; 8 – Транспортуючі ролики; 9 – ФЦ; 10 – фарбовий апарат.

У фарбовому апараті 10 електронасос подає фарбу зі спеціальної ємності на верхню частину валів, звідки вона рівномірно розподіляється по їх твірних поверхнях і стікає по торцях у приймальні ванночки. З ванночок фарба повертається назад у ємність. Притиск між анілоксовим валом (АВ) і формним циліндром (ФЦ) забезпечується за допомогою пневмоциліндрів. Друкарський апарат обладнаний двома системами регулювання приводки у поздовжньому напрямку — тонким і грубим, а також приводкою в осьовому напрямку [22].

До складу друкарського апарата аркушевої флексографічної машини (рис. 3.2) входять: формний циліндр, друкарський циліндр, фарбова система та привод. У друкарській секції передбачені механізм тиску, системи поздовжньої та поперечної приводки, а також транспортуєчий механізм. Ці елементи відіграють важливу роль у забезпеченні високої якості друку та продуктивності роботи [17].

Фотополімерна друкарська форма (ФДФ) кріпиться на формному циліндрі (ФЦ) за допомогою монтажної клейкої стрічки або спеціальних фіксаторів. Тому діаметр ФЦ визначають залежно від необхідного

друкарського формату, тобто довжини відбитка, беручи до уваги товщину форми та монтажної стрічки, оскільки їхні параметри можуть змінюватися.

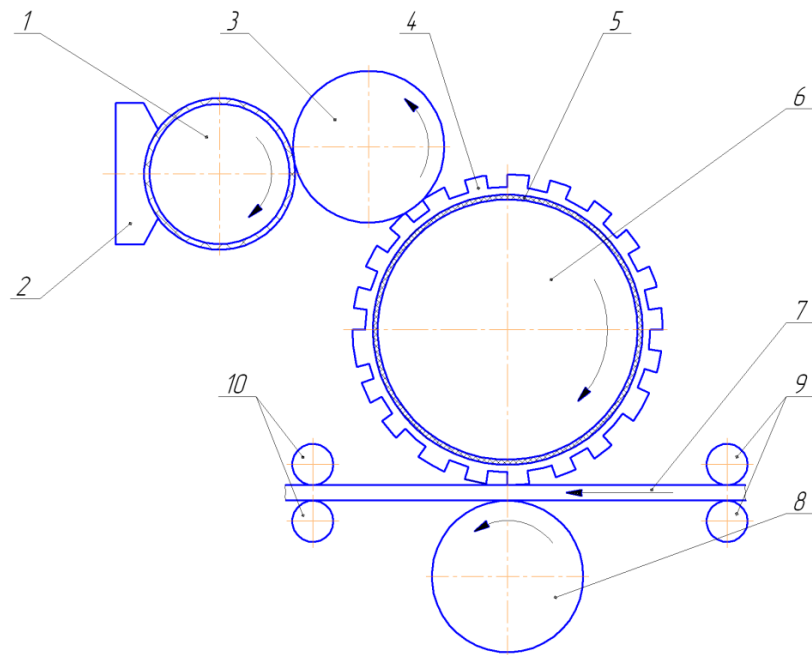


Рисунок 3.2 Технологічна схема друкарського апарату флексографічної аркушевої машини

1 - Дукторний вал; 2 - Камер-ракельна система; 3 - Анілоксовий валик; 4 - Флексографічна форма; 5 - Монтажна стрічка; 6 - Формний циліндр; 7 – ГК; 8 - Друкарський циліндр; 9 - Подавальні ролики; 10 - Транспортуючі ролики.

Для полегшення встановлення форм під час їх приклеювання формні циліндри оснащують поздовжніми й поперечними насічками. Найчастіше застосовують формні циліндри, виготовлені зі сталеві труби з прикріпленими цапфами. Певні конструкції машин мають формні циліндри із силумінових сплавів, а монтаж форм здійснюється за допомогою швидкодіючих затискних механізмів.

Друкарський циліндр призначений для створення друкарського тиску — він притискає аркуш гофрокартону до формної поверхні зверху або знизу. У друкарських апаратах флексографічних машин друкарський циліндр має в основі сталеву трубу з прикріпленнями цапфами. Конструкція друкарського

циліндра має витримувати певне граничне навантаження, щоб уникнути деформацій, які можуть завадити рівномірному перенесенню зображення по всій ширині матеріалу.

З огляду на вимоги ринку флексографічної друкованої продукції, якість друку та продуктивність повинні досягати максимально можливого рівня. Це досягається постійним розвитком і вдосконаленням конструкції ротаційних флексодрукарських машин провідних виробників, таких як BHS, Bobst, Mark Andy, Omet і SAM.

Аналіз сучасних тенденцій показує, що підвищення ефективності друкарських секцій забезпечується впровадженням сервоприводів та використанням гільзової технології. Сервоприводи вже стали стандартом для машин високого класу, хоча їх застосування в аркушевих флексодрукарських машинах поки що обмежене через вузьку спеціалізацію цих машин — друк на гофрокартоні та інших товстих пакувальних матеріалах.

На основі досвіду провідних світових виробників та результатів попередніх досліджень оптимальним рішенням для модернізації машини ДВЛ-1800 є встановлення в кожную друкарську секцію сервоприводів для формного та друкарського циліндрів, а також для анілоксового вала (замінивши обгінну муфту, що запобігає застряганню фарби у комірках вала) (рис. 3.3). Крім того, доцільно встановити окремий сервопривід для транспортуючої системи машини.

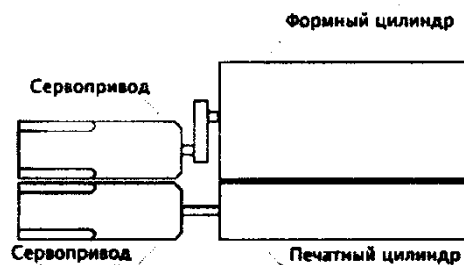


Рисунок 3.3 Схема модернізованого приводу друкарських секцій ДВЛ - 1800.

Для управління сервоприводами необхідно встановити контролери, що регулюватимуть швидкість роботи кожного сервопривода, а також розробити

єдину систему синхронізації сервоприводів друкарської секції, а в перспективі — і всієї машини.

Розв'язання цієї задачі потребує проведення комплексних розрахунків і практичних досліджень, які планується виконати надалі.

3.2. Розрахункова схема прогинів ланок друкарського апарата флексографічної аркушевої машини

Прогин циліндрів потребує збільшення величини тиску на еластичну фотополімерну форму для забезпечення її належної робочої деформації. У свою чергу, велика величина тиску при друкуванні погіршує якість задруковування, спричинюючи розтискування елементів зображення, нечіткість контурів та деформації гофрокартону. Крім того, прогини та кути повороту в опорах впливають на точність роботи зубчастих передач, що може викликати їх інтенсивний знос і відхилення у положенні елементів на відбитку. На рис. 3.4 наведена розрахункова схема навантаження друкарського апарата флексографічної аркушевої машини.

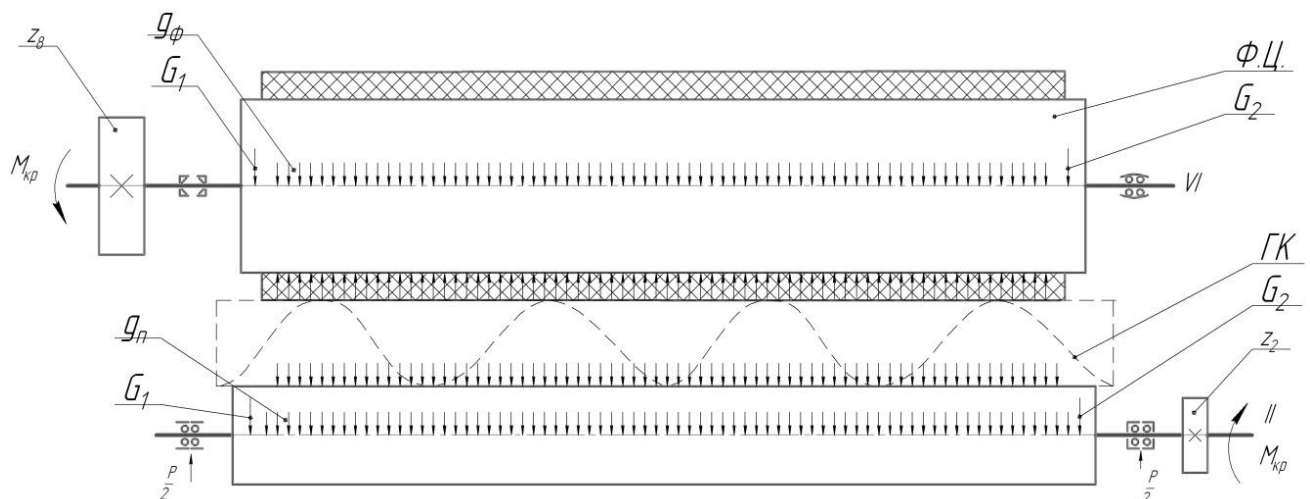


Рисунок 3.4 Схема навантажень у флексографічному друкарському апараті.

Для характеристики жорсткості конструкції визначимо сумарна величина прогину елементів друкарського апарату:

$$f_c = f_d + f_\phi + f_{од} + f_{оф} + f_{пф} + f_{пп}, \quad (3.1)$$

де f_ϕ , f_ϕ – прогини стінок друкарського та формного циліндрів;

$f_{оп}$, $f_{оф}$ – прогини осей циліндрів.

$f_{пф}$, $f_{пп}$ – радіальна жорсткість підшипників.

Навантаження, що впливають на конструкцію і роботу друкарського апарату і його складові частини:

P_T – технологічне навантаження;

G – вага гільз циліндрів, яку згідно їх конструкції розділяємо на:

$G_{1,2}$ – вага втулок циліндрів:

$G_{\phi, \Pi}$ – вага гільз циліндрів.

$M_{кр}$ – крутний момент приводу циліндрів і відповідно виникають сили у косозубому зачепленні:

F_t – колова сила;

F_r – радіальна сила;

F_a – осьова сила.

Технологічний тиск по ширині площини контакту розподіляється неоднакова. Тому для спрощення розрахунків для визначення технологічного навантаження P_T застосовують коефіцієнти усереднення ψ , величина якого залежить від зумовлена властивостями декеля і дорівнює відношенню середнього тиску до максимального у зоні друкарського контакту.

Аналіз досліджень забрукування гофрокартону флексографічним методом друку дає можливість у першому наближенні застосувати такі технологічні параметри процесу друку [1-4]:

– абсолютна деформація фотополімерних форм має бути у межах $\lambda_m = 0,1 - 0,2 \text{ мм}$;

– величина максимального тиску для якісного друку має бути не вище $P_{\max} = 0,1 - 0,35 \text{ МПа}$, для мікрогофрокартону потрібно збільшувати до $0,5 \text{ МПа}$;

– коефіцієнт усереднення для флексографського друку подібний до коефіцієнта для високого друку, $\psi = 0,58$ згідно технологічних рекомендацій. Для цієї величини коефіцієнта усереднення $\sigma_{ст}$ при $P_{max} = 0,8 \text{ МПа}$ і відносна деформація $0,2/6,35 = 0,03$ (де $6,35 \text{ мм}$ – товщина недеформованої фотополімерної форми).

При задруковуванні гофрокартону для визначення ширини площини контакту припускаємо що друкарська пара контактує між собою, як циліндр з площиною. Це припущення обумовлене тим, що матеріал площини гофрокартону більш жорсткий, ніж фото полімерна форма і гофрокартон при друці не повинен руйнуватися.

3.3. Дослідження навантажень у друкарському апараті аркушевої флексографічної машини

Технологічне зусилля, що виникає у процесі друку, визначаємо із залежності [1]:

$$P_{tex} = P_m \psi B l \alpha \quad (3.2)$$

де P_m – технологічно необхідний тиск; приймаємо $P_m = 0,05 - 0,8 \text{ МПа}$
=> беремо за базовий розрахунок $P_m = 8 \times 10^5 \text{ Па (Н/м}^2\text{)}$;

B – ширина смужки контакту, м ;

l – довжина смужки контакту (довжина формного циліндра); $l = 1750 \text{ м}$;

α – коефіцієнт, що враховує характер форми. Приймаємо $\alpha = 1$ для друкування плашки.

Ширину смужки контакту визначаємо за формулою:

$$B = 2\sqrt{2R\lambda_m}$$

де R – радіус формного циліндра;

λ_m – абсолютна деформація форми. Приймаємо $\lambda_m = 0,2 \text{ мм}$.

Враховуючи, що $R = 200 \text{ мм}$, то ширина смужки контакту за формулою:

$$B = 2\sqrt{2 \times 200 \times 0,2} = 17,9 \text{ мм}$$

Тоді навантаження в друкарському апараті розраховуємо за формулою:

$$P_{mex} = P_m \psi B l \alpha = 8 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,9 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 1 = 12,5 \text{ kH}$$

Технологічне навантаження розглядаємо як розподілене навантаження, тоді питомий тиск, буде складати:

$$p = \frac{P_{mex}}{l} = \frac{12,5 \times 10^3 \text{ H}}{1,5 \text{ м}} = 8333,3 \text{ H / м}$$

Потужність на валу формного циліндра складає (рис 3.5):

$$N_{\phi\psi} = \eta_{\Sigma} \times 0,81 = 2,5 \times 0,81 = 2,03 \text{ кВт}$$

Момент:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_8} = \frac{2,03 \times 1000}{8,08} = 251,2 \text{ Н} \times \text{м} \quad (3.3)$$

Потужність на валу друкарського циліндру буде становити:

$$N_2 = 2,5 \times 0,95 = 2,375 \text{ кВт}$$

Тоді крутний момент на валу друкарського циліндра:

$$T_2 = \frac{2,375 \times 1000}{14,63} = 162,3 \text{ Н} \times \text{м}$$

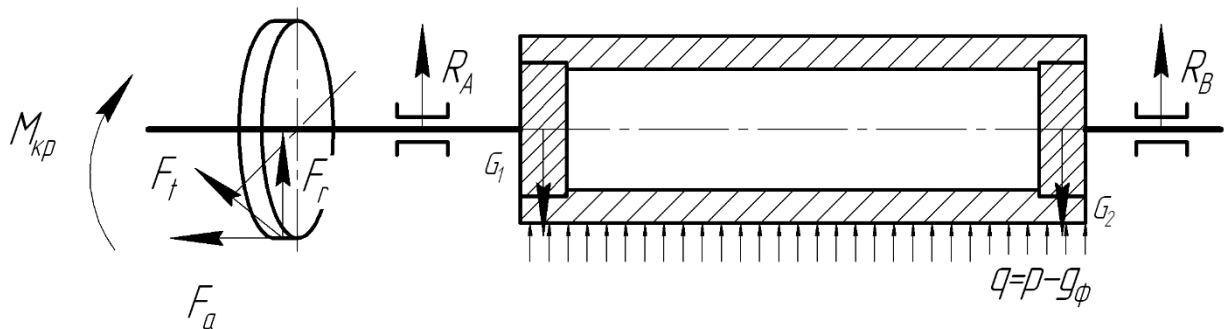


Рисунок 3.5 Розрахункова схема ФЦ.

Сили ваги гільзи ФЦ G_{ϕ} :

$$G_{\phi} = m \times g$$

$$m = 7,8 \times 10^3 \times \pi \frac{(D^2 - d^2)}{4} l = 7,8 \times 10^3 \times 3,14 \times \frac{(0,358^2 - 0,316^2)}{4} \times 1,750 = 303,3 \text{ кг} \quad (3.4)$$

$$G_\phi = 303,3 \times 9,8 = 2972,6 \text{ Н}$$

Розглядати силу ваги гільз ФЦ будемо як розподілене навантаження, тому:

$$g_\phi = \frac{G_\phi}{l_\phi} = \frac{2972,6}{1,75} = 1698,6 \text{ Н / м}$$

Сили ваги втулок ФЦ:

$$G_1 = G_2 = m \times g,$$

$$m = 7,8 \times 10^3 \times \pi \frac{(D_1^2 - d_1^2)}{4} l = 7,8 \times 10^3 \times \pi \frac{0,316^2 - 0,1^2}{4} \times 0,04 = 22 \text{ кг}$$

$$G_1 = G_2 = 22 \times 9,8 = 215,67 \text{ Н}$$

Сили ваги гільз друкарського циліндру (рис 3.6):

$$G_\pi = m \times g$$

$$m = 7,8 \times 10^3 \times \pi \frac{(D^2 - d^2)}{4} l = 7,8 \times 10^3 \times 3,14 \times \frac{(0,202^2 - 0,169^2)}{4} \times 1,760 = 131,9 \text{ кг}$$

$$G_\pi = 131,9 \times 9,8 = 1292,9 \text{ Н}$$

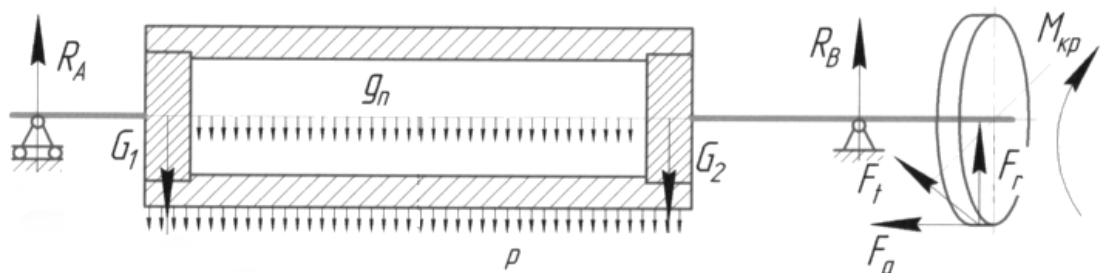


Рисунок 3.6 Розрахункова схема ДЦ

Розглядати силу ваги гільз ДЦ будемо як розподілене навантаження, тому:

$$g_{II} = \frac{G_{II}}{l_y} = \frac{1292,9}{1,76} = 734,6 \text{ Н / м}$$

Втулок:

$$G_1 = G_2 = m \times g,$$

$$m = 7,8 \times 10^3 \times \pi \frac{(D_1^2 - d_1^2)}{4} l = 7,8 \times 10^3 \times \pi \frac{0,172^2 - 0,048^2}{4} 0,035 = 1,86 \text{ кг}$$

(3.5)

$$G_1 = G_2 = 1,86 \times 9,8 = 18,24 \text{ Н}$$

3.4. Дослідження пружних деформацій ланок флексографічного друкарського апарату

Для розрахунку величини реакцій R_A та R_B опор формного циліндру (див. рис. 3.6) потрібно визначити складові цих реакцій від радіальних та колових сил.

Радіальні складові реакцій R_{Ap} та R_{Bp} розрахуємо, виходячи із рівняння рівноваги моментів відносно опор А та В у вертикальній площині.

$$\sum M_{Ap} = F_t \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 65 + F_r \cos 41,282^\circ \times 65 + G_1 \times 145 + g \times 997,5 \times l + G_2 \times 1850 - R_{Bp} \times 2000 = 0$$

$$\sum M_{Bp} = F_t \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 2065 + F_r \cos 41,282^\circ \times 2065 + R_{Ap} \times 2000 - G_1 \times 2065 - g \times 1002,5 \times l - G_2 \times 150 = 0$$

$$R_{Ap} = - \frac{1776 \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 2065 + 672,46 \cos 41,282^\circ \times 2065 - 215,67 \times 1855}{2000} + \frac{6244,25 \times 1,75 \times 1002,5 - 215,67 \times 150}{2000} = -7019,1 \text{ Н}$$

$$R_{Bp} = \frac{1776 \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 65 + 672,46 \cos 41,282^\circ \times 65 + 215,6 \times 145 - 6244,25 \times 1,75 \times 997,5 + 215,67 \times 1850}{2000} = -5206,6 \text{ Н}$$

Для знаходження складових опор від колових сил складаємо 2 рівняння моментів відносно опор А та В у горизонтальній площині:

$$\begin{aligned}
M_{FO} &= F_O \frac{d_8}{2} = 509,25 \frac{282,88}{2} = 72028,32 \text{ H} \times \text{мм} \\
\sum M_{AO} &= M_{FO} - F_t \cos 41,282^\circ \times 65 + F_r \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 65 - R_{BO} \times 2000 = 0 \\
(3.6) \quad \sum M_{BO} &= M_{FO} - F_t \cos 41,282^\circ \times 2065 + F_r \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 2065 + R_{AO} \times 2000 = 0 \\
R_{AO} &= -\frac{72028,32 - 1776 \cos 41,282^\circ \times 2065 + 672,46 \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 2065}{2000} = 883,8 \text{ H} \\
R_{BO} &= \frac{72028,32 - 1776 \cos 41,282^\circ \times 65 + 672,46 \cos(90^\circ - 41,282^\circ) \times 65}{2000} = 7,05 \text{ H}
\end{aligned}$$

Визначивши складові реакцій опор, знаходимо сумарні реакції:

$$\begin{aligned}
R_A &= \sqrt{R_{Ap}^2 + R_{AO}^2} = \sqrt{7019,1^2 + 883,8^2} = 7074,5 \text{ H} \\
R_B &= \sqrt{R_{Bp}^2 + R_{BO}^2} = \sqrt{5206,6^2 + 7,05^2} = 5206,6 \text{ H}
\end{aligned}$$

Моменти інерції знаходимо за формулою:

$$I_{II} = \frac{\pi(D_3^4 - D_B^4)}{64} \quad (3.7)$$

де D_3 та D_B – зовнішній та внутрішній діаметри.

Моменти інерції циліндру:

$$I_{II} = \frac{\pi(35,8^4 - 31,6^4)}{64} = 31668,8 \text{ см}^4$$

Моменти інерції втулки:

$$I_B = \frac{\pi(31,6^4 - 10^4)}{64} = 48430,67 \text{ см}^4$$

Моменти інерції осі циліндра:

$$I_O = \frac{\pi d_0^4}{64} = 187,25 \text{ см}^4$$

Сумарна жорсткість у середньому перетині циліндру складає:

$$\begin{aligned}
EI &= 31668,8 \times 1,75 \times 10^7 + \frac{1}{3} (48430,67 + 187,25) \times 2 \times 10^7 = 152656,24 \times 10^7 \text{ H} / \text{см}^2 \\
(3.8)
\end{aligned}$$

E – модуль пружності для матеріалу циліндра. Приймаємо для осі та втулки рівним $2 \times 10^7 \text{ Н/см}^2$; для циліндру – $1,75 \times 10^7 \text{ Н/см}^2$.

Визначивши реакції опор, розрахувавши моменти інерцій перетину циліндра $I_{\text{Ц}}$ та його осі I_O знаходимо згинальні моменти:

$$M_{x1} = \frac{I_{\text{Ц}}}{I_O} R_A \times 90 = \frac{31668,8}{187,25} 66570 = 11258702 \text{ Н} \times \text{см}$$

$$\text{Звідси } M_{x2} = 307460 \text{ Н} \times \text{см}$$

Для перетину осі циліндра:

$$M_O = R_A \times (65 + 145) = 6566570 \text{ Н} \times \text{см}$$

Для цього ж перетину циліндра знаходимо згинальний момент:

$$M_{\text{Ц}} = M_{x2} - M_O = 307460 - 66570 = 240890 \text{ Н} \times \text{см}$$

Розрахунок загальної жорсткості друкарського апарату складається зі визначення величин прогинів стінок циліндрів та їх геометричних осей. Для прогину стінки полого безреберного циліндра використовуємо таку залежність:

$$f_3 = 0,032 \frac{p}{E_{\text{Ц}}} \left(\frac{D}{\delta} - 1 \right)^3, \quad (3.9)$$

де p – питоме навантаження, Н/см ;

D – діаметр циліндра;

δ – товщина стінки циліндра;

$$f_3 = 0,032 \frac{79,42}{1,75 \times 10^7} \left(\frac{35,8}{2,1} - 1 \right)^3 = 0,0006 \text{ см} = 0,006 \text{ мм}$$

Прогин геометричної осі циліндра визначається за формулою:

$$f_O = \frac{p l_{\text{Ц}}^4}{384 E I} \times \frac{5\psi^3 + 40\psi^2 + 96\psi + 64(n-1)}{\psi^3} \quad (3.10)$$

$$\text{де } \psi = \frac{l_{\text{Ц}}}{21} = \frac{175}{21} = 8,33 - \text{ коефіцієнт, що дорівнює відношенню довжини}$$

циліндра до відстані a ;

$$n = \frac{EI}{E_O I_O} = \frac{152656,24 \times 10^7}{187,25 \times 10^7} = 815,25 \quad - \quad \text{коефіцієнт, який дорівнює}$$

відношенню сумарної жорсткості циліндра, втулки та осі EI до жорсткості осі циліндру $E_O I_O$.

$$f_O = \frac{79,42 \times 175^4}{384 \times 152656,24 \times 10^7} \times \frac{5 \times 8,3^3 + 40 \times 8,3^2 + 96 \times 8,3 + 64(815,25 - 1)}{8,3^3} =$$

$$= 0,0127 \text{ см} = 0,127 \text{ мм}$$

У вертикальній площині радіальні реакції опор друкарського циліндра визначаються за формулою (див. рис. 2.7):

$$\sum M_{Ap} = G_1 \times 160 + (g \times 1,76 + p \times 1,76) \times 1031,25 + G_2 \times 1902,5 - R_{Bp} \times 2052,5 - F_t \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 2117,5 - F_r \cos 1,114^\circ \times 2117,5 = 0$$

$$\sum M_{Bp} = R_{Ap} \times 2052,5 - G_1 \times 1892,5 - (g \times 1,76 + p \times 1,76) \times 1021,25 - G_2 \times 150 - F_t \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 65 - F_r \cos 1,114^\circ \times 65 = 0$$

$$R_{Ap} = - \frac{-18,24 \times 1892,5 - 8677,45 \times 1,76 \times 1021,25 - 18,24 \times 150}{2052,5} - \frac{2109,37 \times \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 65 - 798,69 \cos 1,114^\circ \times 65}{2052,5} = 7643,79 \text{ Н}$$

$$R_{Bp} = \frac{18,24 \times 160 + 8677,45 \times 1,76 \times 1031,25 + 18,24 \times 1902,5}{2052,5} - \frac{2109,37 \times \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 2117,5 - 798,69 \cos 1,114^\circ \times 2117,5}{2052,5} = 6822,02 \text{ Н}$$

Для визначення складових опор від колових сил складаємо два рівняння моментів відносно опор А та В у горизонтальній площині:

$$M_{FO} = F_O \frac{d_2}{2} = 604,85 \frac{153,92}{2} = 46739,34 \text{ Н} \times \text{мм}$$

$$\sum M_{AO} = M_{FO} + F_t \cos 1,114^\circ \times 2117,5 - F_r \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 2117,5 - R_{BO} \times 2052,5 = 0$$

$$\sum M_{BO} = M_{FO} + F_t \cos 1,114^\circ \times 65 - F_r \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 65 + R_{AO} \times 2052,5 = 0$$

$$R_{AO} = - \frac{46739,34 + 2109,37 \cos 1,114^\circ \times 65 - 798,69 \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 65}{2052,5} = 89,39 \text{ Н}$$

$$R_{BO} = \frac{46739,34 + 2109,37 \cos 1,114^\circ \times 2117,5 - 798,69 \cos(90^\circ - 1,114^\circ) \times 2117,5}{2052,5} = 2191,3 \text{ Н}$$

Знаходимо сумарні реакції опор, визначивши складові реакцій:

$$R_A = \sqrt{R_{Ap}^2 + R_{AO}^2} = \sqrt{4362,43^2 + 83,39^2} = 4363,2H$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bp}^2 + R_{BO}^2} = \sqrt{3508,53^2 + 2191,3^2} = 4136,66H$$

У першому наближенні будемо вважати, що друкарський циліндр виготовлено у вигляді полого циліндру з однаковою товщиною стінок по всій довжині без ребер жорсткості.

Моменти інерції циліндру:

$$I_{\Pi} = \frac{\pi(20,2^4 - 16,9^4)}{64} = 4166,56 \text{ см}^4$$

Моменти інерції втулки:

$$I_B = \frac{\pi(17,2^4 - 4,8^4)}{64} = 4267,96 \text{ см}^4$$

Моменти інерції осі циліндра:

$$I_O = \frac{\pi d_0^4}{64} = \frac{\pi \times 5,14^4}{64} = 34,25 \text{ см}^4$$

Сумарна жорсткість у середньому перетині циліндру складає:

$$EI = 4166,56 \times 1,75 \times 10^7 + \frac{1}{3} (4267,96 + 34,25) \times 2 \times 10^7 = 21895,9 \times 10^7 \text{ Н / см}^2$$

E – модуль пружності для матеріалу циліндра. Приймаємо для осі та втулки рівним $2 \times 10^7 \text{ Н/см}^2$; для циліндру – $1,75 \times 10^7 \text{ Н/см}^2$.

Знаючи реакції опор та моменти інерцій перетину циліндра I_{Π} та його осі I_O знаходимо згинальні моменти.

$$M_{x1} = \frac{I_{\Pi}}{I_O} R_A \times 130 = \frac{4166,56}{34,25} 122300 = 14877964,61 \text{ Н} \times \text{см}$$

$$M_{x2} = 457400 \text{ Н} \times \text{см}$$

Для перетину осі циліндра:

$$M_O = R_A \times 130 = 122300 \text{ Н} \times \text{см}$$

Для цього ж перетину циліндра знаходимо згинальний момент:

$$M_{\text{ц}} = M_{x_2} - M_o = 457400 - 122300 = 335100 \text{ Н} \times \text{см} \quad (3.11)$$

Визначивши моменти M_{x1} , M_o , $M_{\text{ц}}$ знаходимо величину найбільшого прогину циліндру разом з віссю у середньому перетині циліндра:

Визначимо жорсткість друкарського апарату по методиці проф. Н.Н. Серпіонова:

$$f_3 = 0,032 \frac{p}{E_{\text{ц}}} \left(\frac{D}{\delta} - 1 \right)^3 \quad (3.12),$$

де p – питоме навантаження, Н/см;

D – діаметр циліндра;

δ – товщина стінки циліндра;

$$f_3 = 0,032 \frac{79,42}{1,76 \times 10^7} \left(\frac{20,2}{1,65} - 1 \right)^3 = 0,0002 \text{ см} = 0,002 \text{ мм}$$

Для визначення прогину геометричної осі циліндра, рекомендується така формула:

$$f_o = \frac{p l_{\text{ц}}^4}{384 E I} \times \frac{5\psi^3 + 40\psi^2 + 96\psi + 64(n-1)}{\psi^3}, \quad (3.13)$$

де $\psi = \frac{l_{\text{ц}}}{14,5} = \frac{176}{16} = 11$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню довжини циліндра до відстані a ;

$n = \frac{E I}{E_o I_o} = \frac{21895,9 \times 10^7}{34,25 \times 10^7} = 639,29$ - коефіцієнт, який дорівнює відношенню сумарної жорсткості циліндра, втулки та осі $E I$ до жорсткості осі циліндру $E_o I_o$.

$$f_o = \frac{79,42 \times 176^4}{384 \times 21895,9 \times 10^7} \times \frac{5 \times 11^3 + 40 \times 11^2 + 96 \times 11 + 64(639,29 - 1)}{11^3} = 0,0278 \text{ см} = 0,278 \text{ мм}$$

Застосовуючи вищевказану методику розрахунків, визначимо прогини елементів друкарського і формного циліндру при різних тисках. Дані наведені в табл. 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 Деформації по методиці проф. Н. Н. Серпіонова лінії

ДВЛ-1800 ($l_u = 1\,750\text{ мм}$)

P, МПа	0,2	0,5	0,8
f_{Ф.ц.}, мм	0,024	0,058	0,133
f_{п.ц.}	0,09	0,22	0,28
f_{Под}	0,009	0,027	0,045
f_Σ	0,123	0,3	0,38

Аналізуючи наукові публікації за останні 10-15 років з опору матеріалів та розробки у сфері паперопереробної галузі, розрахуємо величину прогинання циліндрів за іншим методом [18]:

максимальний прогин циліндра становить:

$$f = \frac{P \cdot B^2 (12 \cdot L - 7 \cdot B)}{384 \cdot EJ}, \quad (3.14)$$

де P – навантаження, що діє на циліндр, $P = 13,88\text{ кН}$;

B – довжина циліндра;

L – відстань між вісями підшипників;

E – модуль пружності сталі, приймаємо $E = 1,75 \times 10^5\text{ МПа}$;

I – момент інерції поперечного розрізу циліндра, м^4 .

Для формного циліндра:

$$B = 1\,705\text{ мм};$$

$$L = 2\,000\text{ мм};$$

$$I_{\text{Фц}} = 31\,668,8\text{ см}^4 = 3,1669 \times 10^8\text{ мм}^4.$$

$$f_{\text{Фц}} = \frac{13,8 \times 10^3 \times 1705^2 (12 \times 2000 - 7 \times 1705)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 3,1669 \times 10^8} = 0,022\text{ мм}$$

Для друкарського циліндра:

$$B = 1\,742,5 \text{ мм};$$

$$L = 2\,022,5 \text{ мм};$$

$$I_{\text{ДЦ}} = 4\,166,56 \text{ см}^4 = 4,167 \times 10^7 \text{ мм}^4.$$

$$f_{\text{ДЦ}} = \frac{13,8 \times 10^3 \times 1742,5^2 (12 \times 2022,5 - 7 \times 1742,5)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 4,167 \times 10^7} = 0,181 \text{ мм}$$

Проведемо розрахунки прогинів для різних тисків:

Для формного циліндра:

$$B = 1\,705 \text{ мм};$$

$$L = 2\,000 \text{ мм};$$

$$I_{\text{ФЦ}} = 3,1669 \times 10^8 \text{ мм}^4.$$

$$1. \quad P = 0,2 \text{ МПа} \Rightarrow$$

$$P_{\text{мех}} = P_m \psi B l \alpha = 2 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,1 \times 10^{-3} \times 1,750 \times 1 = 3,47 \text{ кН}$$

$$f_{\text{ФЦ}} = \frac{3,47 \times 10^3 \times 1705^2 (12 \times 2000 - 7 \times 1705)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 3,1669 \times 10^8} = 0,0057 \text{ мм}$$

$$2. \quad P = 0,4 \text{ МПа} \Rightarrow$$

$$P_{\text{мех}} = P_m \psi B l \alpha = 4 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,1 \times 10^{-3} \times 1,750 \times 1 = 6,943 \text{ кН}$$

$$f_{\text{ФЦ}} = \frac{6,943 \times 10^3 \times 1705^2 (12 \times 2000 - 7 \times 1705)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 3,1669 \times 10^8} = 0,0114 \text{ мм}$$

$$3. \quad P = 0,6 \text{ МПа} \Rightarrow$$

$$P_{\text{мех}} = P_m \psi B l \alpha = 6 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,1 \times 10^{-3} \times 1,750 \times 1 = 10,414 \text{ кН}$$

$$f_{\text{ФЦ}} = \frac{10,414 \times 10^3 \times 1705^2 (12 \times 2000 - 7 \times 1705)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 3,1669 \times 10^8} = 0,0172 \text{ мм}$$

Для друкарського циліндра:

$$B = 1\,742,5 \text{ мм};$$

$$L = 2\,022,5 \text{ мм};$$

$$I_{\text{ДЦ}} = 4,167 \times 10^7 \text{ мм}^4.$$

$$1. \quad P = 0,2 \text{ МПа} \Rightarrow$$

$$P_{\text{мех}} = P_m \psi B l \alpha = 2 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,1 \times 10^{-3} \times 1,750 \times 1 = 3,47 \text{ кН}$$

$$f_{\text{дц}} = \frac{3,47 \times 10^3 \times 1742,5^2 (12 \times 2022,5 - 7 \times 1742,5)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 4,167 \times 10^7} = 0,045 \text{ мм}$$

2. $P = 0,4 \text{ МПа} \Rightarrow$

$$P_{\text{мех}} = P_m \psi B l \alpha = 4 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,1 \times 10^{-3} \times 1,750 \times 1 = 6,943 \text{ кН}$$

$$f_{\text{дц}} = \frac{6,943 \times 10^3 \times 1742,5^2 (12 \times 2022,5 - 7 \times 1742,5)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 4,167 \times 10^7} = 0,091 \text{ мм}$$

3. $P = 0,6 \text{ МПа} \Rightarrow$

$$P_{\text{мех}} = P_m \psi B l \alpha = 4 \times 10^5 \times 0,58 \times 17,1 \times 10^{-3} \times 1,750 \times 1 = 10,414 \text{ кН}$$

$$f_{\text{дц}} = \frac{10,414 \times 10^3 \times 1742,5^2 (12 \times 2022,5 - 7 \times 1742,5)}{384 \times 1,75 \times 10^5 \times 4,167 \times 10^7} = 0,136 \text{ мм}$$

Всі дані заносимо до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Деформації в друкарському апараті флексографічної машини [18].

P, МПа	0,2	0,4	0,6	0,8
f_{ф.ц.}, мм	0,0057	0,0114	0,0172	0,022
f_{д.ц.}, мм	0,045	0,091	0,136	0,181

Отримана результати визначення величин прогинів циліндрів друкарського апарату флексографічної аркушевої машини дозволяє розробити методику раціонального налаштування ланок друкарського апарату з врахуванням технологічно необхідної і максимально допустимої величин тиску між циліндрами для отримання якісного відбитку на гофрованому картоні.

3.5 Висновки до розділу

У розділі розглянуто питання дослідження друкарського апарату флексографічної друкарської машини. Описана конструкція друкарського апарату. Проведені дослідження надійності конструкцій друкарського апарату і навантажень у ланках друкарського апарату флексографічної друкарської машини.

Також проаналізований вплив параметрів друкарського контакту на надійність і жорсткість конструкції друкарського апарату флексографічної друкарської машини. В наслідок проведеного аналізу проведено аналітичне дослідження параметрів, що впливають на жорсткість конструкції флексографічного друкарського апарату. Це дослідження дозволило обґрунтувати доцільність встановлення окремого сервоприводу друкарської секції. В наслідок проведення досліджень експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічної друкарської машини створено рекомендації щодо проектування друкарських апаратів флексографічних друкарських машин із окремим сервоприводом.

На основі проведеного аналізу удосконалена класифікація параметрів друкарського апарату флексографічної друкарської машини, що впливають на якість друку, вперше розроблено рекомендації щодо проектування друкарських апаратів флексографічних машин із застосуванням сервоприводу.

Розроблені рекомендації дозволять створювати конструкції друкарських апаратів флексографічних друкарських машин з індивідуальним приводом зменшеної металоємності.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФОРМ

4.1 Переваги та недоліки флексографічних друкарських форм

Флексографічний друк є різновидом високого друку, однак порівняно з класичною технологією має низку специфічних особливостей [29]:

- застосування еластичних друкарських форм;
- використання фарб на водній основі з низьким показником в'язкості;
- невеликий робочий тиск, оскільки форма одночасно виконує функцію носія зображення та декелю.

Такі властивості дозволяють отримувати відбитки при низькому тиску та забезпечують можливість друку по широкому спектру матеріалів — плівках, картоні, гофрокартоні тощо.

Для формування високоякісного відбитка необхідно забезпечити стабільний баланс між силами адгезії до поверхні (змочуваністю контактуючих матеріалів) та когезії фарбового шару (його розділення). Ці процеси суттєво залежать від швидкості розриву фарбового шару після втрати контакту та деформаційних характеристик матеріалів у зоні друку. Оскільки флексографічні фарби мають малу в'язкість, величина когезії є мінімальною [30]. Оптимальні умови друкарського контакту досягаються при переході фарби з форми на матеріал за умов сталого тиску. Однак існують чинники, що ускладнюють підтримання таких умов [29]:

- тиск у друкарській парі істотно залежить від фізико-механічних параметрів задрукованого матеріалу — його товщини та шорсткості;
- стан поверхні друкарської форми та її деформаційні властивості;
- зміна в'язкості фарби в процесі друку, що часто регулюється вручну, спричиняючи нестабільність її характеристик.

Одним із найбільш характерних недоліків флексографічного друку є розтискування. Це явище зумовлене нерівномірним розподілом тиску на поверхні форми, яка складається з плашкових, штрихових та растрових елементів (рис. 4.1) [31].

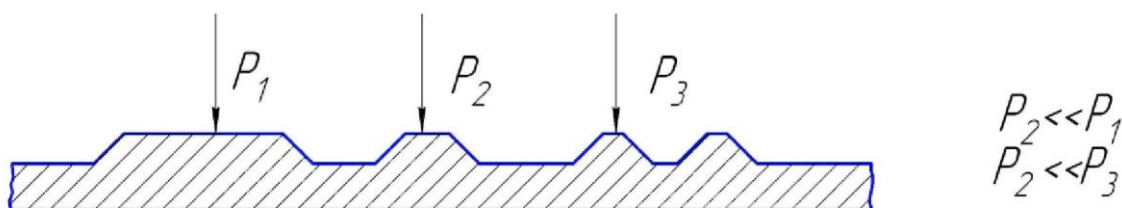


Рисунок 4.1 - Друкарські елементи флексографічної форми

Тиск зазвичай налаштовується під один тип елементів — переважно плашки. У результаті дрібніші елементи піддаються більшому відносному тиску, деформуються та збільшують свою площу. Навіть за невеликого навантаження еластична форма частково стискується, що також спричиняє розширення друкарського елемента.

4.2 Різновиди флексографічних формних пластин

У процесі друку фотополімерна форма зазнає деформацій стиску, які визначають величину робочого навантаження. Обсяг деформації залежить від фізико-механічних характеристик матеріалу пластини, її товщини, режимів експонування й обробки, та може становити від 0,04 до 0,2 мм. Пластини виготовляють трьох структурних типів: одношарові, багатошарові, а також спеціалізовані для технології «Комп'ютер–форма». Товщина пластин варіює в межах 0,76–6,35 мм, при цьому вони мають еластичний шар із високою стисливістю [31].

Формні системи (ФПФ + монтажна стрічка) умовно поділяють на жорсткі та м'які, залежно від характеру деформації при створенні тиску:

- Жорсткі системи формуються з пластин товщиною 2,54–3,18 мм. Монтуються на стрічки з демпферним шаром (товщиною 0,38; 0,55; 1 мм), який компенсує надлишковий тиск за рахунок перерозподілу деформацій (рис. 4.2). Такі системи застосовуються при комбінованому друці на мікрогофрокартоні, коли одночасно друкують плашки, штрихові та растрові елементи.
- М'які системи формуються з пластин товщиною 3,94–6,35 мм [32] і монтуються на жорсткі стрічки товщиною 0,1–0,2 мм. Тут компенсація тиску відбувається переважно за рахунок більшої деформації самої пластини. Такі системи доцільні для друку великих плашок та штрихових елементів.

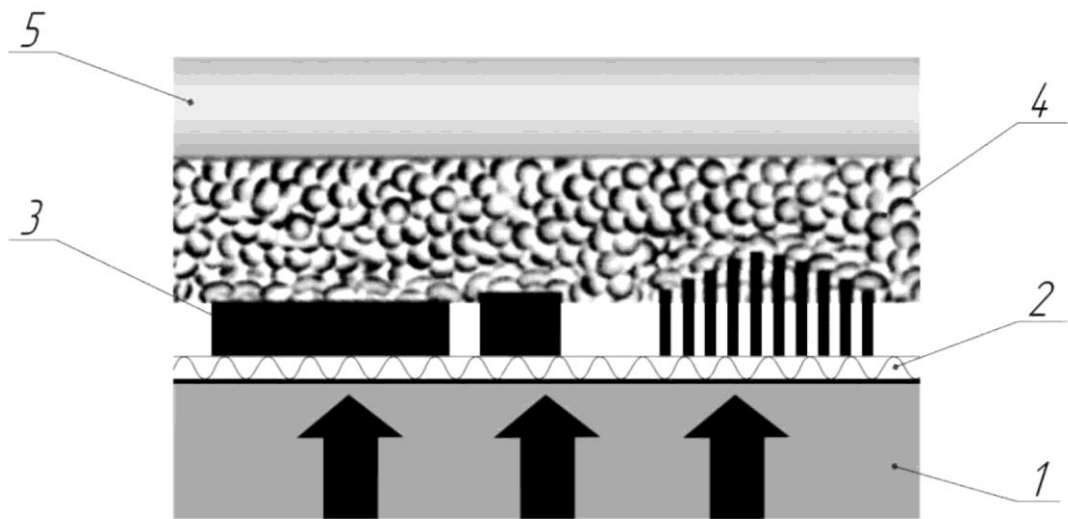


Рисунок 4.2 - Перерозподіл деформації і тиску в жорстких системах.

1 – Друкарський циліндр; 2 – ГК; 3 - Друкарські елементи фотополімерної форми; 4 – Монтажна стрічка; 5 – Формний циліндр.

Зазначений поділ є орієнтовним і лише частково характеризує пружні властивості форми, однак не забезпечує можливості визначити оптимальні параметри друку на гофрокартоні.

4.3 Стан досліджень властивостей флексографічних форм

У флексографічному друці величина тиску має широкий діапазон у зв'язку з різноманіттям задруковуваних матеріалів і типів форм. Робочий тиск становить 0,1...0,5 МПа, а допустимі навантаження стиску — 0,02...0,1 мм, причому характер навантаження є циклічним [33].

Контакт у друкарській парі відбувається у два етапи:

1. момент входження форми у контакт із матеріалом;
2. момент розділення фарбового шару (рис. 4.3).

Часовий інтервал різкої зміни напружень триває лише частки секунди.

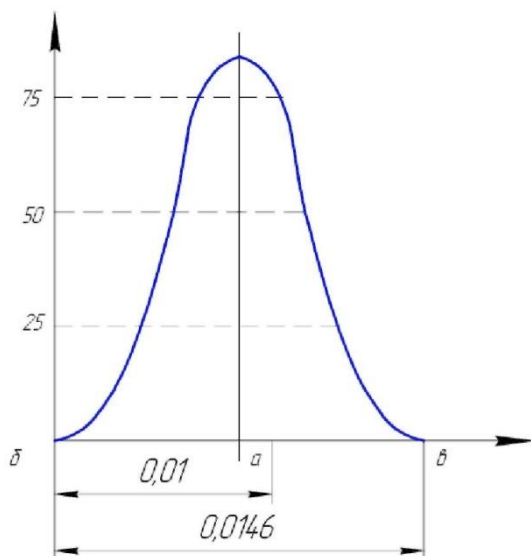


Рисунок 4.3 - Зміна тиску у друкарській парі.

У дослідженнях деформаційних характеристик флексографічних форм приймаються такі припущення [34]:

- зміни механічних властивостей форми обумовлені режимами її виготовлення та явищем дисторсії під час монтажу;

- властивості форми та задрукуваного матеріалу розглядаються узагальнено, без точних кількісних рекомендацій;
- когезійними силами можна знехтувати через низьку в'язкість фарб;
- відсутні чіткі рекомендації щодо питомого тиску з урахуванням властивостей матеріалу та форми.

4.4 Визначення деформаційних властивостей флексографічних форм

До основних фізико-механічних характеристик флексографічних форм належать: модуль пружності, твердість за Шором та руйнівне навантаження при розтягуванні [35]. У процесі друку форма та монтажна стрічка зазнають стискання, величина якого визначається матеріалом та режимами виготовлення. Значення модуля пружності може змінюватися в межах 14–25 МПа залежно від способу експонування [34].

Діапазони стиску для плашок, растру та текстових елементів наведені на рис. 4.4. Дані щодо абсолютної та відносної деформації форми під навантаженнями 0,02–0,05 МПа наведено в табл. 4.1.

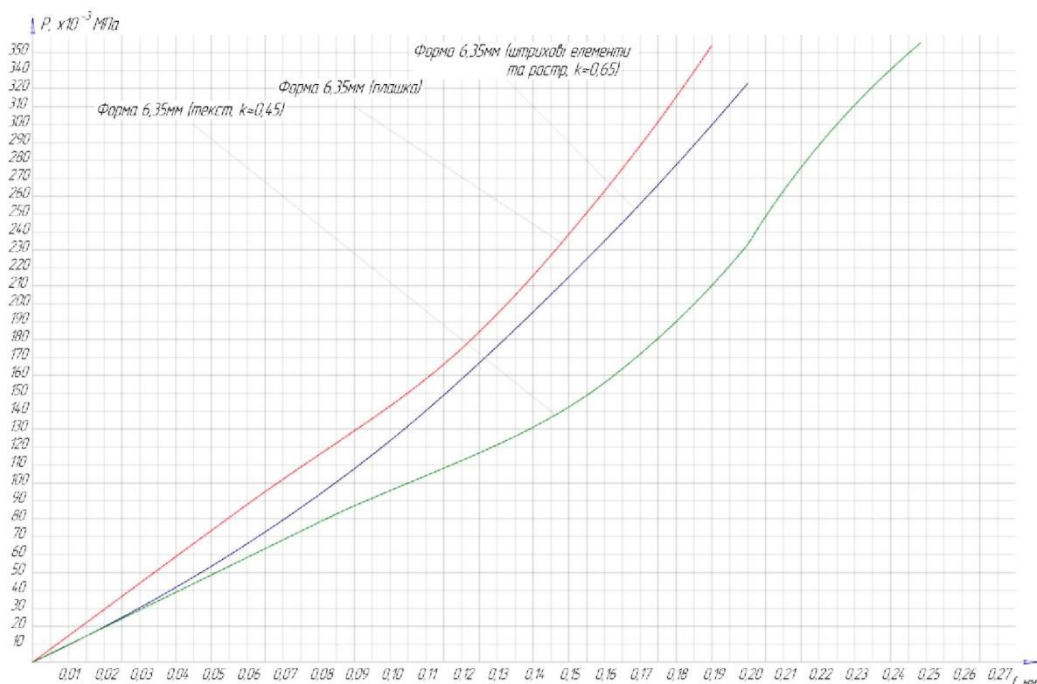


Рисунок 4.4 - Діаграми стиску ФДФ.

Крива 1 демонструє залежність $p = f(f_{ГК})$, що відповідає граничним параметрам для флексографічної плашки; крива 2 відображає поведінку флексографічного растра; крива 3 характеризує текстові елементи, надруковані флексографічним способом.

У таблиці 4.1 наведено дані щодо абсолютної та відносної деформації стиску товщини флексографічних форм, а також навантажень, що діяли на них під час площинного стиску при тиску 0,02–0,05 МПа, залежно від різновиду форм.

Після поступового зняття тягарців залишкова деформація впродовж перших 15–20 секунд становила 0,01–0,02 мм, проте з часом повністю зникала.

Структура проекспонованої ФДФ значною мірою визначається матеріалом пластини та параметрами процесу експонування (типом, тривалістю та умовами експонування). Практичний досвід свідчить, що різні виробники задають відмінні режими друку, що зумовлено специфікою їхніх формових матеріалів [32].

Таблиця 4.1 - Величина абсолютної та відносної деформації стиску товщини флексографічної форми

<i>H=6,35 мм, S=2240мм²</i>							Плашка
1 2 3 4 5	Площа	Вага	Наван	Питоми	Висота	Абсолютн	Відносна
	зразка,	тягарц	та-	й	деформованого	а	деформація,
	<i>S, мм²</i>	<i>ів,</i>	<i>ження,</i>	<i>тиск,</i>	<i>зразка, h, мм</i>	<i>деформаці</i>	<i>ε, %</i>
		<i>t, кг</i>	<i>F, Н</i>	<i>p=F/S,</i>		<i>я,</i>	
				<i>Mpa</i>		<i>f, мм</i>	
	2240	20	196	0,088	6,29	0,06	0,94%
	2240	40	392	0,175	6,23	0,12	1,89%
	2240	60	588	0,263	6,19	0,16	2,52%
	2240	80	784	0,350	6,16	0,19	2,99%
	2240	100	980	0,438	6,14	0,21	3,31%

4.5 Висновки до розділу 4

Під час дослідження встановлено такі особливості поведінки форм при стисканні [33]:

- при низьких тисках відбувається деформація лише верхніх шарів форми, а площа контакту є недостатньою для якісного відтворення (особливо растрових елементів);

- зі збільшенням навантаження відбувається ущільнення всього профілю друкарських елементів, у цей момент оператор обирає оптимальний тиск, але також починає проявлятися розтискування;

- надмірні навантаження призводять до значного розтискування і типових дефектів — нерівних контурів, нерівномірного накату та інтенсивного зношування форми.

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

5.1. Характеристика модернізованого друкарського апарата флексографічної машини

Початковим етапом створення стартап-проєкту є висвітлення його маркетингових аспектів: від відбору ідей та формування концепції продукту — до визначення перспектив комерційної реалізації й розроблення ринкової стратегії. Здійснимо маркетинговий аналіз стартап-проєкту щодо модернізованого друкарського апарата флексографічної машини з метою виявлення можливостей його впровадження на ринок та пошуку оптимальних напрямів реалізації.

Однім з напрямків підвищення якості поліграфічної продукції, що надрукована за допомогою флексографією, є подальша модернізація і вдосконалення конструкції ротаційних флексографічних машин провідних світових виробників. На сучасному етапі ключовим фактором технологічного розвитку є використання сервоприводів у друкарських секціях та застосування гільзових форм. Узагальнений опис ідеї стартап-проєкту подано в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Сутність ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Установлення сервоприводів у друкарський апарат	Проектування та виробництво ротаційних флексографічних рулонних і аркушевих машин	1) Підвищення якості друку; 2) Поліпшення точності суміщення фарб; 3) Зростання продуктивності; 4) Зменшення масогабаритності конструкції

У таблиці 5.2 охарактеризовано потенційні техніко-економічні переваги запропонованого рішення порівняно з наявними аналогами. Аналіз передбачав:

1. визначення ключових технічних показників;

2. формування переліку основних конкурентів і збирання інформації про їхні характеристики;

3. порівняння отриманих значень для виявлення сильних (S), слабких (W) та нейтральних (N) сторін.

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	потенційні концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Comco	Edal	Nilpeter			
1	Розмір капіталовкладень	20 тис грн	100 тис. грн	140 тис. грн	90 тис. грн			+
2	Переваги у затратах виробництва	Менший рівень оплати праці ніж у конкурентів	Високий ступінь автоматизації друкарського апарату	автоматична лінія складання друкарських машин	Високий ступінь автоматизації друкарського апарату		+	
3	Гнучкі ціни	так	ні	ні	ні			+
4	Продуктова лінія	так	так	так	так		+	
5	Інформаційне забезпечення	так	так	так	так		+	
6	Значення розміру поставок для постачальників	немає	необхідні оптові поставки для зменшення ціни одиниці покупок продукції	НЕМ АЄ	необхідні оптові поставки для зменшення ціни одиниці покупок продукції		+	

7	Розмір закупівель	немає	так	так	так			+
8	Рівень чутливості до зміни цін	високий	середній	середній	середній	+		

Результати показали, що основними конкурентними перевагами проєкту є низькі капіталовкладення та гнучкість цінової політики. Слабким місцем визначено високу чутливість до коливання цін, тоді як решта характеристик мають нейтральне значення.

5.2. Технологічний аудит ідеї

Для оцінки технічної можливості реалізації проєкту проаналізовано такі складові (табл. 5.3):

- технології виготовлення модернізованого апарата;
- потребу у створенні нових технологічних рішень;
- доступність необхідних технологій для виконавців.

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	доступність технологій
1	Використання сервоприводу у друкарській серкції	Закупка сервоприводів у сторонніх фірм-виробників	Наявна	Закупка сервоприводу є доступною завдяки широкій пропозиції цієї позиції на ринку України

За результатами аудиту встановлено, що реалізація проєкту є технічно можливою на виробничій базі підприємства «Київполіграфмаш», оскільки всі потрібні технології є наявними або доступними на внутрішньому ринку.

5.3. Аналіз ринкових можливостей

Вивчення ринкового середовища є ключовим етапом оцінки життєздатності проєкту. Попередні результати наведені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	14
2	Загальний обсяг продажу, млн грн	130
3	Динаміка ринку	стагнація
4	Наявність обмежень для входу	велика вартість складання друкарського обладнання, наявність достатньої кількості підприємств конкурентів
5	Специфічні вимоги до стандартизації і сертифікації	відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі	30 %

З аналізу видно, що ринок виготовлення флексографічного устаткування демонструє стагнаційні тенденції, проте залишається перспективним у сфері модернізації та вдосконалення техніки.

Характеристики потенційних груп клієнтів та їх вимоги наведені у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№, п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенціальних груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Поліпшення показників якості друкування	Крупні промислові підприємства поліграфії, що спеціалізуються на виробництві упаковки	ГКрупні промислові друкарні віддають перевагу комплексним рішенням у постачанні поліграфічного устаткування.	Надійне функціонування, якісне друкування, автоматизація на високому рівні та сервісне обслуговування в рамках гарантії
2	Автоматизація процесу вимірювання та аналізу параметрів друку			

3.	Збільшення ефективності роботи друкарського обладнання	Сектор невеликих і середніх підприємств	Малий та середній бізнес зацікавлений у придбанні окремих автоматизованих модулів друкарського обладнання	
----	--	---	---	--

Сегментація підтверджує, що основними споживачами можуть стати малі та середні друкарні, які зацікавлені у придбанні окремих високотехнологічних модулів.

Ступеневий аналіз конкуренції ринку наведений у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції – чиста	На ринку присутні приблизно десяток заводів з виготовлення флексографічного обладнання	Підприємство має гнучко відноситись до формування статей витрат на виробництво машини з метою формування адекватної ринкової ціни
2. За рівнем конкурентної боротьби – міжнародний	Теж саме, що в п. 1	Підприємство має розробити виважену пропозицію асортименту власних друкарських машин на міжнародному ринку

Аналіз конкуренції (табл. 5.6) показує, що ринок є висококонкурентним і міжнародним, тому підприємству необхідно пропонувати економічно вигідні рішення з високим рівнем автоматизації.

Загалом, ринкові умови сприяють реалізації проєкту, особливо в межах внутрішнього ринку та ринків країн, що розвиваються.

5.4. Розроблення ринкової стратегії

Оцінювання цільових груп (табл. 5.7) дозволило визначити найбільш привабливий сегмент — малі та середні друкарні, для яких обрана стратегія концентрованого маркетингу.

Таблиця 5.7 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживача сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції у сегменту	Простота входу у сегмент
1	Великі друкарні для декорування промислової продукції	середня	помірний	невисока	складна
2	Група малих поліграфічних підприємств	висока	високий	висока	середня
3	Фірми, що друкують упаковку	середня	високий	помірна	середня

Базову стратегію розвитку визначено як стратегію лідерства за витратами, оскільки проєкт має суттєву перевагу у вигляді низької собівартості (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Вдосконалення друкарського апарату флексографічної машини	Стратегія концентрованого маркетингу	Розроблене вдосконалення пропонувати малим поліграфічним підприємствам	Стратегія лідерства по витратах

За результатами аналізу конкурентної поведінки (табл. 5.9), доцільною є стратегія наслідування лідеру. Такий підхід дає змогу зменшити витрати на інновації та підтримку домінування, використовуючи вже сформований попит і перевірені рішення на ринку.

Таблиця 5.9 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Пошук нових споживачів і конкуренція на ринку за існуючих споживачів	Сервоприводи виробництва зарубіжних компаній, системи контролю якості друку флексографії	Стратегія наслідування лідеру

На підставі запитів споживачів з обраних секторів економіки до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 5.5), та залежно від обраної основної стратегії розвитку (табл. 5.8) та моделі поведінки з конкурентами (табл. 5.9) формуємо стратегію позиціонування (табл. 5.10). що полягає у створенні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають розпізнавати проект.

Таблиця 5.10 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Якість друку, надійність, гарантійне обслуговування машини, високий рівень автоматизації	Стратегія лідерства по витратах	Конкурентна ціна виробу, збільшення ступіню автоматизації друкарського апарату, запровадження комп'ютерних систем для контролю якості друку	Зменшена ціна, Оригінальний дизайн друкарської машини, що легко впізнати, надійне і тривале сервісне обслуговування

Стратегія позиціонування (табл. 5.10) базується на таких ключових асоціаціях:

- доступність,
- простота конструкції,
- надійне сервісне обслуговування.

Внаслідок розробки ринкової стратегії розвитку стартап-проекту пропонується обрати стратегію наслідування лідеру. Така стратегія призводить до зменшення витрат фінансових ресурсів. Зменшення затрат, пов'язаних зі розширенням товарного (галузевого) ринку, постійними інноваціями, витратами на утримання домінуючого положення дозволить фірмі при менших затратах обійняти більш вигідне положення серед конкурентів на ринку продажів поліграфічних машин.

Для ефективного впровадження обраного напрямку розвитку фірма має запровадити таку групу заходів:

- проводити систематичне спостереження за розвитком ринку з метою визначення нових ринкових напрямків або сфер ринку, що мають незадовільне обслуговування;
- намагатися зменшити витрати на всіх етапах виготовлення і розповсюдження друкарських машин;
- мати невеликі обсяги виробництва, щоб не потрапити у поле зору крупних фірм-лідерів;
- запросити до роботи сильного керівника-лідера, здатного не лише формулювати стратегію, але і направляти розвиток компанії у потрібному руслі.

5.5. Маркетингова програма стартап-проекту

На основі попереднього аналізу сформовано ключові переваги продукту (табл. 5.11):

- забезпечення високої якості друку за рахунок комп'ютеризованих систем контролю;
- підвищення продуктивності завдяки використанню сервоприводів;
- високий рівень автоматизації та швидке переналагодження машини.

Таблиця 5.11

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Високоякісне поліграфічне відтворення	Система цифрового контролю параметрів друку	Недороге виробництво системи та невибагливість машини в експлуатаційному сервісі
2	Виробнича потужність друкарського обладнання	Сервопривідний механізм, що забезпечує роботу друкарських секцій	Недороге виробництво системи та невибагливість машини в експлуатаційному сервісі
3.	Високий рівень автоматизації	Швидкий перехід машини з одного виробничого завдання на інше	Недороге виробництво системи та невибагливість машини в експлуатаційному сервісі

Система збуту (табл. 5.12) передбачає:

- прямі продажі для невеликих друкарень;
- змішані канали реалізації для великих підприємств шляхом співпраці з компаніями, що пропонують комплексні рішення.

Таблиця 5.12 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Малі друкарні купують обладнання окремими одиницями, прагнучи безпосередньо	Організувати на підприємстві відділ продажів у поєднанні з виставковим залом	Прямий канал збуту	Прямі продажі обладнання

	співпрацювати з виробником			
2	Великі друкарні віддають перевагу комплексним системам поліграфічної техніки з повною інтеграцією	Домовитися з конкурентами про формування єдиної пропозиції комплексних рішень, де одним із елементів буде модернізована флексографічна машина	Безпосередні канали реалізації та фірми, що обслуговують регіональні ринки поліграфічної техніки	Прямі і непрямі канали продажу поліграфічного устаткування

Концепція маркетингових комунікацій (табл. 5.13) включає використання галузевих виставок, професійних видань та інтернет-ресурсів для донесення інформації про технічні переваги обладнання.

Таблиця 5.13 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Малі друкарні купують обладнання окремими одиницями, прагнучи безпосередньо співпрацювати з виробником	Спеціалізовані виставки, інтернет-портали та професійні видання	Розповсюдження інформації про модельний ряд поліграфічного обладнання виробника	Рекламний матеріал повинен містити інформацію про назву машини, область застосування та ключові технічні характеристики	Акцентувати увагу на сильних сторонах даної моделі флексографічної машини
2	Великі друкарні віддають перевагу комплексним системам поліграфічної техніки з повною інтеграцією				

Таким чином, програма маркетингу базується на задоволенні потреб замовників у мінімізації часу переналагодження та отриманні стабільно високої якості друку. Ринкове середовище розповсюдження поліграфічної техніки переживає стагнацію, тому обрана стратегія поведінки – наслідування за лідером.

5.6. Висновки до розділу

Попри стагнацію ринку поліграфічного обладнання, висока рентабельність галузі дозволяє очікувати успішну комерціалізацію запропонованої модернізації. Аналіз конкурентного середовища та споживчих сегментів підтверджує перспективність проєкту. Для виведення продукту на ринок необхідно реалізувати запропоновану маркетингову програму та забезпечити якісне позиціонування модернізованого друкарського апарата.

ВИСНОВКИ

Під час опрацювання наукової літератури та патентних матеріалів було уточнено класифікацію фарбових і друкарських апаратів флексографічних друкарських машин. На основі проведеного аналізу процесів, що відбуваються у зоні друкарського контакту, визначено набір параметрів, які формують жорсткість конструкції флексографічного друкарського апарату.

Обґрунтовано доцільність застосування сервомотора як індивідуального прямого приводу друкарського апарату, що стало можливим завдяки комплексному аналізу приводних систем, використовуваних у сучасних флексографічних машинах. На підставі вивчення особливостей роботи флексографічного друкарського апарату сформовано рекомендації щодо конструювання друкарських систем із використанням окремого сервоприводу.

Оцінка ефективності впровадження модернізованої конструкції флексографічної машини у виробничий процес показала зростання прибутку підприємства на 3 %. Це пов'язано з підвищенням продуктивності обладнання, що своєю чергою спричиняє збільшення витрат на матеріали, оплату праці, електроенергію та інші ресурси.

Проведено аналіз конструкцій флексографічного друкарського обладнання та досліджено основні вузли аркушевих флексографічних машин, призначених для друку на гофрованому картоні. Встановлено, що жорсткість друкарського апарату істотно впливає на стабільність і якість друку, а також на точність його налаштування. Доведено, що прогини та кутові зміщення в опорах позначаються на точності роботи зубчастих передач, що може спричинити їхній знос і деформацію картонного матеріалу. Запропоновано методику вибору оптимальних параметрів ланок друкарського апарату флексографічної машини. Виявлено, що одним із ключових чинників формування якісного відбитка є забезпечення величини сумарних прогинів осей формного та друкарського циліндрів у межах максимально допустимої деформації друкарської форми. Розроблено стартап-проект щодо інтеграції

сервоприводу в конструкцію друкарського апарату та проведено аналіз можливостей його ринкового впровадження і перспектив подальшої комерціалізації.

Розроблена маркетингова стратегія просування модернізованої флексографічної друкарської машини орієнтована на потреби замовників у високоякісній друкованій продукції та мінімізації часу на переналаштування обладнання між тиражами. З огляду на стагнацію ринку поліграфічної техніки, обрано стратегію поведінки «наслідування лідеру».

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зенкін М. А. Сучасні напрями забезпечення якості деталей і вузлів поліграфічних машин / М. А. Зенкін, О. О. Швець. матеріали Всеукр. конф. молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», - К.: КНУТД, 2019. С. 283-284.
2. Брошура фірми Bobst Group.
3. Киричок П.О. Технологічне забезпечення працездатності та надійності елементів та вузлів поліграфічних машин. - Технологія і техніка друкарства, Вип.1 2003. С. 71-79.
4. Шостачук О. П. Жорсткість підшипникових вузлів друкарського апарату флексографічних аркушевих друкарських машин. Науковий вісник Національного гірничого університету, вип. 4, Дніпро, 2020. С. 79-84.
5. Шостачук О. П. Підвищення експлуатаційних властивостей деталей флексографічних аркушевих машин. SWorldjournal, випуск 6, Болгарія. 2020, С. 37- 48.
6. Шостачук О. П. Підвищення експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічних аркушевих машин.: дис. ... канд. техн. наук.: 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва / О. П. Шостачук. Київ, 2021. 134 с.
7. Шостачук, О. П. Підвищення експлуатаційних властивостей друкарського апарату флексографічних аркушевих машин за спеціальністю : автореф. дис. канд. техн. наук.: 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва/ Шостачук Олександр Павлович. – Київ, 2021. – 25 с.
8. Шостачук О. П. Дослідження фізико-механічних властивостей гофрованого картону та флексоформ при друці на флексографічних аркушевих друкарських машин, 2020, Польща, 36. праць. С. 217-224.
9. Шостачук О. П. Дослідження впливу технологічних експлуатаційних властивостей гофрованого картону на процес друку на флексографічних аркушевих друкарських машинах. / О. П. Шостачук, П.О.Киричок. 2020,

Київ, Технологія і техніка друкарства. С. 41-55.

10. Шостачук, О. П. Показники якості флексографічних аркушевих машин для задруковування гофрованого картону / О. П. Шостачук // Технологія і техніка друкарства : зб. наук. праць. – 2019. – Вип. 2(64). – С. 35–41.
11. Шостачук О. П. Управління фарбоперенесенням у флексографічному друці шляхом налаштувань флексографічної друкарської машини. Журнал ПакЕкспо, 2019, С. 73–76.
12. Шостачук Ю. О. Техніка і технологія сучасного поліграфічного виробництва: навч. посіб./ Ю. О. Шостачук. Київ: НТУУ "КПІ", 2019. 244 с.
13. Шостачук Ю. О. Імітаційна модель процесу створення тиску в зоні контакту друкарської форми і задруковуваного матеріалу флексографічної друкарської машини. / Кожушко Г.О., Ю. О. Шостачук. Київ , УкрНДІСВД, 2017, с. 55 – 56.
14. Базиліук В. Б. Оцінка розвитку підприємств видавничо-поліграфічного комплексу регіону. Наук.-техніч. збірник «Наукові записки». Української академії друкарства. 2015. № 1 (50). - Львів. С. 28-35.
15. Благодір О. Л. Систематизація технологій виготовлення етикетково-пакувальної продукції в Україні / О. Л. Благодір, Т. В. Розум, О. П. Сокол // Наук.-техніч. збірник «Наукові записки». – 2015. – № 2(51). С. 95-100.
16. Гавенко С. Ф. Практикум з оцінки якості поліграфічної продукції / С. Ф. Гавенко, О. В. Ворожаєва. – Львів: Афіша, 2001. – 106 с.
17. Дорош А. К. Контроль якості технологічних процесів та устаткування флексографічного способу друку : монографія / А. К. Дорош, Т. В. Розум. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 204 с.
18. Дурняк Б. В. Видавничо-поліграфічна галузь України: стан, проблеми, тенденції. Статистично-графічний огляд : моногр./ Дурняк Б. В., Штангрет А. М., Мельников О. В. Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. 274 с.
19. Желонкіна, І. М., Черня, Б. О., & Красильников, Г. Я. Особливості

- механіки друкарського апарату для друку на гофрокартоні флексографічним способом. Технологія і техніка друкарства, 2008. – Вип. 1(19). – С. 75–82. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(19\).2008.62372](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(19).2008.62372)
20. Грабовський Є. М. Технологічні процеси видавничо-поліграфічної справи: навч. посібник для студентів напряму підготовки 6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа" / Є. М. Грабовський, М. М. Оленич. – Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 192 с.
21. Гургаль Н. С. Інформаційна технологія забезпечення якості УФ- флексографічного друку етикеток на вузько-рулонних машинах : автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.06 *«Інформаційні технології»* / Н. С. Гургаль. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2014. - 24 с.
22. Гурська, І. В. Технологічні особливості друкування на гофрованому картоні флексографічним способом / Гурська І. В., Зоренко О. В., Розум Т. В. // Технологія і техніка друкарства : збірник наукових праць. – 2018. – Вип. 4(62). – С. 60-70.
23. Кохан В. Ф. Моделі інформаційної технології прогнозування якості флексографічного друку: автореф. дис. ...канд. техн. наук: спец. 05.13.06 *«Інформаційні технології»* . Л: Укр. акад. друкарства. 2013.- 24 с.
24. Кохановський В.О. Вибір ефективної стратегії обслуговування і ремонту поліграфічних машин. Матеріали Міжнарод. Наук.-техніч. семінару аспірантів, професорсько-викладацького складу “Технологія і техніка друкарства: новітні технології і обладнання поліграфії”. Київ, НТУУ «КПІ», 2014. С. 23–24.
25. Кривошей В. М. Упаковка в нашому житті. / Кривошей В. М. - К.: ІАЦ «Упаковка», 2001.-160 с.
26. Кукура В. В. Дослідження деяких параметрів друкарського процесу флексографічного друку у виробничих умовах / В. В. Кукура, Ю. А. Кукура. Наук. зап. № 1. - Львів: Укр. акад. друкарства. 2008. - С. 106-109.
27. Морфлюк В. Ф. Дослідження процесів об'єктивного статистичного визначення бокового зміщення полотна у вузькорулонних

флексграфічних друкарських машинах/ В. Ф. Морфлюк. К.: Технологія і техніка друкарства. Зб. наук. праць. К.: КПІ ім. І. Сікорського. 2011. № 1. С. 112-119.

28. Назаркевич М. А. Автоматизовані видавничо-поліграфічні процеси Навч. посібник. – Львів, Львівська політехніка, 2010. – 98 с.
29. Палига Є. М. Стан та розвиток видавничо-поліграфічного комплексу України: регіональний аспект: моног. Палига Є. М., Пушак Г. І., Пушак Я. Я. Львів: Укр. акад. друкарства, 2009. -192 с.
30. Петрів І. М. Автоматизоване обладнання для виготовлення флексграфічних друкарських форм / І. М. Петрів, Ю. В. Косінов. - К.: Упаковка. 2008. - № 2. - С. 50-54.
31. Полюдов О. М. Механіка поліграфічних і пакувальних машин. - Львів: Українська академія друкарства, 2005. - 180 с.
32. Лазаренко Е. Т. Шляхи інтенсифікації процесу очищення анілоксових валів флексграфічних друкарських машин / Е. Т. Лазаренко, В. Ф. Кохан, О. В. Мельников, О. В. Лазаренко. Технологія і техніка друкарства. № 1. - К.: КПІ ім. І. Сікорського. 2012. - С. 32-39.
33. Луцків М. М. Моделювання перенесення фарби з флексграфічної форми на задруковуваний матеріал / М. М. Луцків, К. Степень. - Поліграфія і вид. справа. № 2.– Львів: Укр. акад. друкарства, 2008. - С. 141-152.
34. Максимчук Н. Майбутнє друкарської форми для флексдруку / Н. Максимчук. - К.: Упаковка. - 2008. - № 4. - С. 51.
35. Маїк В. З. Технологія брошурувально-палітурних процесів. Львів: Укр. акад. друкарства, 2011. 488 с.
36. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Економіка та організація виробництва» для студентів спец. «Технологія поліграфічного виробництва» / Ю. О. Барнич, В. В. Сафронова, Л. П. Шендерівська. – К.: НТУУ «КПІ», 2005 – 14 с.
37. Мартинюк Ф. У центрі уваги – пакування з гофрованого картону. Друкарство. – 2005.-№5. – С.11-15.

38. Післядрукарські процеси: навч. пос. / В. П. Ткаченко, Н. Є. Кулішова, О. В. Григор'єв, Т. Ю. Киричок; МОН України; ХНУРЕ. 2005. 168с.
39. Практикум з проектування і розрахунку технологічних і виробничих процесів. Автор О. М. Величко / С. Ф. Гавенко, Е. Т. Лазаренко. Квалілогія книги, 2009. - С. 145.
40. Репета В.Б., Контроль стабільності друкарського процесу на вузькорулонній УФ-флексграфічній машині. / Репета В.Б., Кукура В. В., Місюра М.О. Поліграфія і видавнича справа. №1 (73). - Л.: Укр. акад. друкарства, 2017. С. 63–69.
41. Репета В.Б. Інновації у флексграфічному та глибокому друці (ракельні ножі фарбових систем). – К.: Упаковка. № 1 (122). 2018. С. 35–37.
42. Репета В. Б. Методологічні основи забезпечення якості процесу флексграфічного друку етикетки УФ-фарбами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.01 / Репета Вячеслав Богданович ; Укр. акад. друкарства. Львів, 2019. 41 с.
43. Раєвська О. В. Управління розвитком підприємства: методологія, механізми, моделі : моногр. О. В. Раєвська. – Харків : ІНЖЕК, 2006. 496 с.
44. Технологія поліграфічного машинобудування: Посібник. П.О. Киричок, Т.А. Роїк, А.В. Шевчук. - НТУУ "КПІ", 2014. 404 с.
45. Ткаченко В. П., Манаков В. П., Шевчук А. В. Оперативні та спеціальні види друку. Технологія, обладнання. – Харків: ХНУРЕ, 2005. – С. 42–82.
46. Черня Б. О. Експлуатаційні властивості друкарського апарату флексодрукарських аркушевих машин / Б. О. Черня, О. П. Шостачук. – Технологія і техніка друкарства, № 3. К.: КПІ. 2011. – С. 103-110.
47. Чехман Я. І. Друкарське устаткування: підруч. / Я. І. Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич, В. О. Босак. – Львів : УАД, 2005. 380 с.
48. Чехман Я. І. Друкарське устаткування. – Львів : УАД, 2018. 468 с.
49. Швайка Л. А. Розвиток і регулювання видавничого підприємництва: моногр. / Швайка Л. А. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2005. – 432 с.

50. Розум Т. В. Контроль якості друкування на пакованні / Т. В. Розум, Я. В. Зоренко, К. І. Савченко, В. М. Скиба // Упаковка. 2012. № 3. С. 63-66. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka_2012_3_20
51. Розум Т. В. Розроблення комплексного технологічного процесу контролю якості флексографічного друку : Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.05.01 / Т. В. Розум. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2003. - 19 с.
52. Розум Т. В. Аналіз ймовірностей виникнення дефектної продукції у флексографічному друці / Т. В. Розум, А. К. Дорош. – Львів: Укр. акад. друкарства. Наук. зап., № 3. 2001 - С. 24-27.
53. Слободяник В. Г. Удосконалення технології та пристрою для вимивання фотополімерних флексографічних друкарських форм : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.01/ В. Г. Слободяник. Л.: Укр. акад. друкарства, 2014. 23 с.
54. Ярема С. М. Флексографія. Обладнання. Технологія: навчальний посібник. К.: Либідь, 1998. – 312с.
55. Ярема С. М. Видавничі поліграфічні технології та обладнання / С. М. Ярема. Київ : Університет "Україна", 2020. – 320 с.
56. Dunn T., Manufacturing Flexible Packaging. Materials, Machinery, and Techniques. 2015. Elsevier Inc. 288 с.
57. Folea G., Bălan E., Mohora C. Considerations on quality assurance for flexographic print products. Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Engineering Sciences. 2020. vol. 12, no. 1, pp. 33-47.
58. Havenko, S.; Ohirko, M.; Ryvak, P.; Kotmalova, O. Determining the factors that affect the quality of test prints at flexographic printing. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, 2, pp.53–63. Режим доступу: https://www.academia.edu/86900145/Determining_the_factors_that_affect_the_quality_of_test_prints_at_flexographic_printing
59. John R. Wagner Jr. Multilayer Flexible Packaging. - Oxford, UK: Elsevier Science & Technology, 2010.-300 p.
60. Mark J. Kirwan. Paper and paperboard packaging technology. - London:

Blackwell Publishing Ltd, 2005. - 454 p.

61. Przybysz, K.; Lipkiewicz, A. Assessment of Efficiency and Anilox-Roll Condition after Ultrasonic Cleaning. *Advanced Surface Technology and Application. Coatings.* 13 (10). 2023. Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/coatings13101699>
62. Repeta, V., Kukura, T., Havrylyshyn, V., & Kukura, Y. Analysis of factors and construction of prognostic quality models of flexographic printing process of packaging with solvent based inks. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 2023. 14(3), 37-44. DOI:10.24867/JGED-2023-3-037.
63. Tomašegović, T., Pibernik, J., Poljaček, S. M., & Madžar, A. (2021). Optimization of flexographic print properties on ecologically favorable paper substrates. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 12(1), pp. 37-43.
64. Valdec, D., Hajdek, K., Majnarić, I., & Čerepinko, D. Influence of Printing Substrate on Quality of Line and Text Reproduction in Flexography. *Applied Sciences*, 11 (17), 2021. 7827. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/17/7827>
65. Wolak, D., & Lipiak, J. Evaluation of Flexographic Printing Efficiency in the Processes of Label and Packaging Production on the Example of a Flexographic Printing House. *Společna Akademia Nauk*. 2019. 185 p.
66. Zahoor, S., Shehzad, A. Overall equipment efficiency of Flexographic Printing process: A case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 272, No. 1. pp. 505-510.
67. Паспорт на машину ДВЛ 1800.
68. Паспорт на машину ЕМВА 244.
69. Паспорт на машину ТПФ 850
70. https://a-pro.kiev.ua/flexograficheskoe_oborudovanie-catalog/flexograficheskoe_oborudovanie-shirokorulonnoe/
71. <http://drukarstvo.com/fleksohrafichnyj-druk>
72. <https://machouse.ua/mark-andy-2200/>
73. <http://poligraphmash.com.ua/index.php?id=2&lang=ru>

74. <https://emba.com/machines-and-solutions/>
75. https://www.klcartonmachinery.com/4-colour-flexo-printing-machine-shinko-super-alpha_p15.html