

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет харчових та хімічних технологій

Кафедра технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів

Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
бакалавра

на тему: «Дільниця друку на гофрокартоні потужністю 1,8 млн. м<sup>2</sup>/рік»

Виконала: студентка 4 курсу, групи ВП-9  
напряму підготовки (спеціальності)  
G20 Видавництво та поліграфія

\_\_\_\_\_  
ВОВКОВА К.Р.

Керівник ТРЕТЬЯКОВ А.О.

Рецензент \_\_\_\_\_

Дніпро - 2026 року

Факультет, відділення \_\_\_\_\_ Х та ХТ \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ ТПП та ПМ \_\_\_\_\_  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр \_\_\_\_\_  
Галузь знань \_\_\_\_\_ 18 Виробництво та технології \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 186 Видавництво та поліграфія \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ТППтаПМ  
проф. К.М. Сухий \_\_\_\_\_

«    »                      20    р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

ВОВКОВА Катерина Русланівна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема проекту (роботи)** Проект дільниці друку на гофрокартоні потужністю 1,8 млн.м<sup>2</sup>/рік
- Керівник проекту (роботи) Третьяков А.О. к.т.н., доцент  
затверджена наказом по університету від “    ”                      20    р., №                      \_\_\_\_\_
2. **Строк подання студентом закінченого проекту (роботи)** \_\_\_\_\_ 20    р.
3. **Вихідні дані до проекту (роботи)**- Дані базового підприємства, матеріали з нової техніки, регламенти, звіти та інша технічна документація.
4. **Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):** Вступ. 1.Загальна частина. 1.1.Аналітичний огляд літератури. 1.2. Класифікація виробництва, вибір і обґрунтування технологічного процесу. 1.3. Вибір району будівництва цеху. 1.4. Характеристика вихідних матеріалів і готової продукції. 2.Спеціальна частина. 2.1.Технологічний процес. Норми технологічного режиму. 2.2. Вибір обладнання для забезпечення технологічного процесу. 2.3.Матеріальні розрахунки. 2.4.Технологічні розрахунки. 2.5.Ресурсозбереження і матеріалоємність. 2.6.Компоновка обладнання. 2.7.Охорона праці. 2.8.Охорона навколишнього середовища. 2.9. Техніко-економічні розрахунки. Висновки. Література.
- 5.**Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) :** Технологічна схема виробництва - 1 лист, компоновка обладнання - 1 лист, друкарська машина - 1 лист.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Загальна та спеціальна частина			

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 22.12.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	10 квітня	
2	Загальна частина	10 квітня – 26 квітня	
3	Спеціальна частина	30 квітня – 22 травня	
4	Висновок	23 травня	
5	Графічна частина	23 травня – 29 травня	
6	Оформлення проекту	30 травня – 1 червня	
7	Подання проекту на кафедру	12 червня	
8	Підготовка до захисту	12 червня – 15 червня	
9	Захист дипломного проекту	16 червня	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту викладена на 76 сторінках і містить 6 таблиць, наведено 44 джерела.

Мета роботи: проектування дільниці друку на гофрованому картоні поліграфічного підприємства з річною потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup> готової продукції.

Пояснювальна записка дипломного проекту містить усі зазначені завданням пункти.

У розділі «Загальна частина» розглянуто аналітичний огляд літератури, класифікацію виробництва, вибір і обґрунтування технологічного процесу. Розділ містить детальні дані, що визначають вибір району будівництва цеху, а також наведено характеристики вихідних матеріалів та готової продукції.

Розділ «Спеціальна частина» містить детальний опис розробленого технологічного процесу, норми технологічного режиму та контроль відхилень, вибір та обґрунтування обладнання лінії, ресурсозбереження і матеріалоемність проектованого виробництва, а також компоновання обладнання дільниці. У ньому також наводяться матеріальні, технологічні та техніко-економічні розрахунки дільниці. Проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, розроблено заходи з виробничої санітарії, техніки безпеки при експлуатації обраної лінії, а також заходи з пожежної безпеки та цивільного захисту персоналу в умовах надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: ГОФРОКАРТОН, ФЛЕКСОГРАФІЧНИЙ ДРУК, POST-PRINT, ФЛЕКСОГРАФСЬКІ ДРУКАРСЬКІ ФОРМИ, ІНЛАЙН-ЛІНІЯ, PINLONG.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вовкова К. Р.			Відомість дипломного проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							4	76
Керівник						УДУНТ ННІ «УДХТУ»		
Н. Контр.						каф. ТПП та ПМ, гр. 4-ВП-9		
Затв.								

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1			Документація		
2			Загальна		
3			Знову зроблена		
4	A4	4ВП9.026.186.001.ПЗ	Пояснювальна записка	76	
5	A1	4ВП9.026.186.002.ТС	Технологічна схема	1	
6	A1	4ВП9.026.186.003.КО	Компоновка обладнання	1	
7	A1	4ВП9.026.186.004.ДМ	Друкарська машина	1	
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

					4ВП9.026.186.001.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вовкова К. Р.			Відомість дипломного проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							5	76
Керівник						УДУНТ ННІ «УДХТУ» каф. ТПП та ПМ, гр. 4-ВП-9		
Н. Контр.								
Затв.								

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	11
1.1 Аналітичний огляд літератури.....	11
1.2 Класифікація виробництва, вибір і обґрунтування технологічного процесу.....	13
1.3 Вибір району будівництва цеху .....	17
1.4 Характеристика вихідних матеріалів та готової продукції .....	20
1.4.1 Характеристика вихідних матеріалів .....	20
1.4.2 Характеристика готової продукції.....	22
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	25
2.1 Технологічний процес. Норми технологічного режиму .....	25
2.1.1 Опис стадій технологічного процесу .....	25
2.1.2 Норми технологічного режиму .....	27
2.1.3 Контроль технологічного процесу та відхилень.....	30
2.2 Вибір та обґрунтування обладнання для забезпечення технологічного процесу ..	32
2.2.1 Характеристика друкарсько-висікального модуля лінії (PL-GP) .....	34
2.2.2 Характеристика фальцювально-склеювального модуля та лічильника-ежектора (PL-FG).....	35
2.3 Матеріальні розрахунки .....	37
2.3.1 Розрахунок геометричних параметрів виробу-представника .....	37
2.3.2 Розрахунок потреби в основному матеріалі.....	38
2.3.3 Розрахунок потреби у флексографічній фарбі.....	39
2.3.4 Розрахунок потреби в клеї .....	40
2.3.5 Розрахунок допоміжних матеріалів.....	41
2.4 Технологічні розрахунки .....	42
2.4.1 Розрахунок річного фонду часу роботи обладнання .....	42
2.4.2 Розрахунок завантаження та необхідної кількості обладнання .....	43
2.4.3 Аналіз використання та режимів роботи проектного обладнання в реальних умовах виробництва .....	45
2.5 Ресурсозбереження і матеріалоємність проектного виробництва .....	47
2.5.1 Оптимізація витрат та зниження матеріалоємності гофрокартону .....	47
2.5.2 Раціональне використання хімічних компонентів.....	48
2.5.3 Енергозбереження та енергоефективність обладнання .....	49
2.6 Компоновка обладнання дільниці .....	50
2.6.1 Загальні принципи просторового розміщення лінії.....	50

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.2	Послідовність розташування технологічних модулів у лінії .....	51
2.6.3	Технологічні проходи, зони обслуговування та безпеки .....	52
2.6.4	Організація збору відходів при компоновці .....	52
2.7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	53
2.7.1	Виробнича санітарія та гігієна праці .....	53
2.7.2	Техніка безпеки при експлуатації лінії Pinlong PL-GPFG-1224.....	54
2.7.3	Пожежна безпека дільниці .....	55
2.7.4	Безпека в надзвичайних ситуаціях (НС) .....	56
2.8	Охорона навколишнього середовища .....	56
2.8.1	Захист атмосферного повітря від забруднення .....	56
2.8.2	Очищення та відведення виробничих стічних вод .....	57
2.8.3	Поводження з твердими промисловими відходами.....	58
2.9	Техніко-економічні розрахунки дільниці.....	58
2.9.1	Розрахунок чисельності виробничого персоналу .....	58
2.9.2	Розрахунок виробничої площі .....	59
2.9.3	Розрахунок споживання електроенергії .....	62
2.9.4	Розрахунок капітальних інвестицій (CAPEX) .....	63
2.9.5	Розрахунок поточних витрат (ОРЕХ) та собівартості продукції .....	63
2.9.6	Визначення точки беззбитковості дільниці .....	65
2.9.7	Розрахунок прибутку та терміну окупності дільниці .....	65
2.9.8	Зведені техніко-економічні показники дільниці.....	66
	ВИСНОВКИ .....	68
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	70

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Промисловий сектор економіки України швидко розвивається та зростає попит на високоякісні, багатофункціональні та екологічно безпечні пакувальні матеріали. Одним з найбільш поширених видів пакувальних матеріалів є гофрований картон. Популярність цього матеріалу зумовлена комплексом унікальних фізико-механічних властивостей: високою міцністю та здатністю амортизувати динамічні навантаження, низькою власною масою, економічною доступністю, а також екологічною чистотою і можливістю повної вторинної переробки [6, 16]. Гофрований картон є основним матеріалом для виготовлення транспортної та споживчої тари для більшості галузей промисловості, включаючи харчову, фармацевтичну, хімічну та легку промисловість.

Поряд із традиційною захисною та логістичною функціями, пакування виконує важливу маркетингову та інформаційну роль. Воно виступає безпосереднім носієм інформації про продукцію, є засобом ідентифікації торговельної марки та ефективним інструментом стимулювання збуту. Тому до якості графічного оформлення поверхні гофрокартонних ящиків висуваються високі вимоги. Нанесення багатоколірного зображення на гофрований картон пов'язане з технологічними труднощами, що зумовлені специфічною геометрією матеріалу – чергуванням плоских і гофрованих шарів, які створюють нерівномірну жорсткість поверхні та ризик деформації внутрішньої структури під дією друкарського тиску.

Ефективне вирішення завдань якісного оздоблення гофрокартону вимагає проектування та впровадження спеціалізованих високотехнологічних виробничих дільниць. Розробка проекту дільниці друку на гофрокартоні річною потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup> є актуальним інженерно-технічним завданням. Реалізація такого проекту дозволить задовольнити вимоги регіонального ринку у високоякісній тарі з повноколірним маркуванням, передбачити гнучкість виробничого процесу та знизити собівартість готової продукції поліграфічних підприємств.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нанесення повноколірних зображень на гофрований картон у сучасній промисловій практиці реалізується кількома основними способами: офсетним, цифровим та флексографічним друком. Кожен із зазначених методів має власну область раціонального застосування, техніко-економічні переваги та обмеження.

Офсетний друк дозволяє досягти найвищої лінійності растру, чіткості відтворення дрібних деталей та плавних градієнтних переходів. Утім прямий офсетний друк на готовому гофрокартоні неможливий через високий технологічний тиск у друкарському контакті, який безповоротно руйнує хвилеподібну структуру матеріалу. Тому в пакувальному виробництві застосовують непрямий метод – друк зображення на плоскому картоні з його подальшим кашируванням до двошарового або тришарового гофрокартону [6]. Така технологія є багатостадійною, характеризується високою матеріаломісткістю, використанням дорогого обладнання та є економічно доцільною лише за умов випуску елітної преміальної тари або надвеликих накладів.

Цифровий струминний друк є сучасним напрямом розвитку поліграфії, що забезпечує пряме нанесення фарби на матеріал без виготовлення друкарських форм. Це гарантує максимальну оперативність виконання замовлень та рентабельність при випуску малих або персоналізованих партій пакування. Разом з тим, для масштабного промислового виробництва із річною програмою 1,8 млн м<sup>2</sup> цифровий друк наразі є неконкурентоспроможним у зв'язку з високою вартістю витратних матеріалів та порівняно низькою продуктивністю обладнання.

Флексографічний друк є домінуючим способом нанесення зображень у виробництві тари з гофрованого картону [1, 2]. Даний спосіб базується на використанні еластичних фотополімерних друкарських форм та низьков'язких друкарських фарб, переважно на водній основі. Висока еластичність форм дозволяє здійснювати друк із мінімальним тиском, відомим як технологічний прийом «kiss-print». Це повністю виключає ризик роздавлювання гофрованих шарів, зберігає міцнісні та амортизаційні властивості картону, крім того нівелює ефект оптичної смугастості відбитка.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поточне флексографічне устаткування секційного типу забезпечує високу лінійну швидкість друку, точність суміщення фарбових відбитків та можливість поєднання друкарського процесу з операціями висікання, рильовання та склеювання в єдиних високопродуктивних лініях (інлайн-системах) [5, 17]. З огляду на техніко-економічні показники та задані обсяги виробництва, вибір флексографічного способу друку для проєктуємої дільниці є найбільш обґрунтованим і раціональним рішенням.

Метою дипломного проєкту є розробка технічно обґрунтованого, економічно ефективного та екологічно безпечного проєкту виробничої дільниці багатоколірного флексографічного друку на гофрованому картоні з річною потужністю випуску продукції 1,8 млн м<sup>2</sup>.

Сформовані в дипломному проєкті технічні, технологічні та об'ємно-планувальні рішення мають безпосереднє практичне спрямування. Вони можуть бути застосовані під час модернізації діючих пакувальних фабрик або при будівництві нових цехів із випуску гофротари. Реалізація запропонованого проєкту дозволить організувати високопродуктивне, гнучке виробництво, гарантувати стабільну якість продукції згідно з вимогами ДСТУ ISO 9001:2015, мінімізувати питомі витрати енергоресурсів і створити безпечні умови праці на кожному робочому місці.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналітичний огляд літератури

Новітні тенденції пакувальної галузі висувають підвищені вимоги до захисних властивостей та візуального оформлення коробок із гофрованого картону. Гофрований картон є багат шаровою конструкцією, яка складається з плоских шарів (лайнерів) та гофрованих шарів (флютингу), що з'єднані між собою за допомогою адгезивів [24]. Таке конструктивне виконання забезпечує матеріалу високу міцність на стиснення, жорсткість при згині та здатність демпфувати динамічні навантаження при порівняно низькій питомій вазі. Однак наявність неоднорідної внутрішньої структури створює суттєві технологічні труднощі при нанесенні графічної інформації безпосередньо на готовий матеріал.

Аналіз науково-технічної літератури свідчить, що вибір способу оздоблення гофрокартону залежить від тиражності, вимог до якості відбитка та економічної доцільності [6, 13]. У промисловій практиці виділяють два принципово різних підходи до організації технологічного процесу: попередній друк на плоскому шарі картону до моменту формування гофрокартону (технологія Pre-print) та прямий друк на готовому гофрованому картоні (технологія Post-print).

Технологія Pre-print передбачає використання рулонних флексографічних або глибоких друкарських машин для нанесення зображення на папір чи картон, який згодом виступатиме зовнішнім лайнером на гофроагрегаті. Цей підхід дозволяє досягти високої лінійності растру (до 54–60 лін/см), забезпечує стабільну точність суміщення фарб та виключає механічне деформування профілю гофри. Проте аналіз праць Ткаченка В. П. та Шинкаренка В. П. показує, що впровадження технології Pre-print пов'язане з високими капітальними витратами, тривалим часом на додрукарську підготовку та є рентабельним лише за умов масового виробництва однотипної продукції великими накладками [4, 12]. Для ділень із річною потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік, де передбачається висока частота зміни замовлень та середня тиражність, використання Pre-print є економічно неефективним.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прямий друк на гофрованому картоні (Post-print) реалізується переважно флексографічним способом, який займає понад 80% світового ринку виробництва гофротари. Популярність флексографії у цьому сегменті зумовлена специфічними властивостями друкарських форм та фарб. Як зазначає Мельников О. В., використання еластичних фотополімерних форм є ключовим фактором, що дозволяє нівелювати нерівності поверхні гофрокартону без руйнування його внутрішньої структури [1].

Головною проблемою прямого друку на гофрокартоні є ризик розчавлювання гофри під дією надмірного тиску в зоні друкарського контакту. При перевищенні критичного значення тиску відбувається безповоротна деформація флютингу, що призводить до зниження міцнісних показників готового ящика на стиснення (до 20–30%) [16, 25]. Окрім цього, на відбитках з'являється дефект оптичної смугастості, зумовлений нерівномірним розподілом фарби на ділянках над вершинами гофри та між ними [7].

Для вирішення цієї проблеми в сьогоденних флексографічних машинах застосовують концепцію мінімального технологічного тиску, відому як «kiss-print» [2, 5]. Реалізація цього принципу вимагає високої точності виготовлення обладнання, оптимізації фізико-механічних властивостей фотополімерних форм та ретельного підбору реологічних характеристик друкарських фарб.

Аналіз формних процесів у флексографії, проведений Розумом О. Ф., показує, що для друку на гофрокартоні критично важливим параметром є твердість фотополімерної форми за шкалою Шор А [14]. Для роботи з низькоякісними або шорсткими поверхнями тест-лайннів традиційно застосовували м'які форми з твердістю 30–38 одиниць за Шор А. Вони добре амортизують нерівності, проте викликають значне розтискування растрових точок, що обмежує лініатуру друку в межах 24–30 лін/см. Сучасна тенденція, описана Лазаренком Е. Т., полягає у використанні двошарових форм або форм із плоскою вершиною растрових точок (технологія Flat Top Dot), які мають вищу твердість (до 45–52 одиниць за Шор А), але монтуються на спеціальні компресійні стрічки або демпфуючі підкладки [2]. Це

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє підняти лініатуру друку до 40–44 лін/см, покращити відтворення напівтонів та зберегти жорсткість гофрокартону.

Важливе місце в аналізі літератури посідає дослідження властивостей друкарських фарб. Згідно з вимогами ДСТУ 2887-94 та екологічними нормативами, для виробництва тари, що контактує з харчовими продуктами, сертифіковано до використання лише водно-дисперсійні фарби. Величко О. М. визначає водно-дисперсійні фарби як складні колоїдні системи, де сполучна речовина (акрилові смоли) перебуває у зваженому стані у водному середовищі [3]. Закріплення таких фарб на гофрокартоні відбувається шляхом швидкого вбирання води пористим волокнистим шаром лайнера та подальшої коагуляції полімеру.

Контроль в'язкості фарби є вирішальним для забезпечення стабільної оптичної щільності відбитка. Низька в'язкість призводить до надмірного вбирання фарби в картон та зниження насиченості кольору, а висока в'язкість викликає вищипування волокон паперу та забивання растрових осередків анілоксового вала. Автоматизація контролю в'язкості безпосередньо в циркуляційній системі машини дозволяє підтримувати цей параметр із точністю до  $\pm 1$  секунди за віскозиметром ВЗ-246 [7, 8].

Аналітичний огляд літературних джерел та нормативної бази підтверджує, що для організації дільниці друку на гофрокартоні потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік оптимальним технічним рішенням є впровадження процесу прямого багатоколірного флексографічного друку водно-дисперсійними фарбами з використанням модерного секційного обладнання, оснащеного системами автоматичного регулювання технологічних параметрів.

## 1.2 Класифікація виробництва, вибір і обґрунтування технологічного процесу

За типом організації, обсягом випуску продукції та ступенем її однорідності проектуєма дільниця друку потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік належить до серійного виробництва з тенденцією до крупносерійного на окремих видах продукції [12].

Даний тип виробництва характеризується наступними чинниками:

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Обмежена номенклатура виробів (ящики та лотки з гофрованого картону різних типорозмірів із декількома варіантами графічного оформлення).
- Випуск готової продукції здійснюється періодичними партіями, що повторюються протягом року відповідно до портфеля замовлень.
- Спеціалізація робочих місць на виконанні обмеженої кількості технологічних операцій.
- Використання універсально-спеціалізованого високопродуктивного обладнання із відносно коротким часом переналагодження.
- Кваліфікація персоналу орієнтована на забезпечення швидкого переходу з одного тиражу на інший.

Згідно з чинними нормами проєктування поліграфічних та пакувальних підприємств, рівень автоматизації технологічних процесів на дільниці класифікується як високий, оскільки основні операції друку, контролю та транспортування заготовок реалізуються в автоматичному та напівавтоматичному режимах [4, 8].

Основним завданням при проєктуванні дільниці є вибір способу друку, який забезпечить раціональне поєднання економічної ефективності, високої продуктивності та збереження міцнісних властивостей тришарового гофрованого картону згідно з ДСТУ ГОСТ 7376-89 [24].

Для реалізації заданої потужності 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік обрано технологію прямого аркушевого флексографічного друку (Post-print) водно-дисперсійними фарбами [1, 2]. Обґрунтування цього вибору базується на аналізі фізико-механічних особливостей поведінки гофрокартону в зоні друкарського контакту та порівнянні з іншими способами друку.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Техніко-економічне порівняння способів друку на гофрокартоні.

Критерії порівняння	Прямий офсетний друк	Попередній флексоdruk (Pre-print)	Цифровий струминний друк	Прямий флексоdruk (Post-print)
Пряме нанесення на гофрокартон	Неможливе (вимагає каширування)	Неможливе (друк на лайнері до гофрування)	Можливе	Можливе
Вплив на структуру матеріалу	Руйнує профіль гофри при кашируванні	Відсутній	Відсутній	Мінімальний (при регулюванні «kiss-print»)
Максимальна лініатура друку, лін/см	60–80	48–60	30–40	24–35 (до 44 при Flat Top Dot)
Економічна доцільність за накладками	Лише надвеликі накладки	Лише масові довгострокові замовлення	Малі та штучні накладки (до 500 шт.)	Середні та великі накладки (оптимально для 1,8 млн м <sup>2</sup> /рік)
Екологічність (тип фарб)	Фарби на масляній основі з летючими речовинами	Водні або УФ-фарби	Спеціалізовані чорнила	Екологічні водно-дисперсійні фарби

Аналіз даних таблиці 1.1 показує, що прямий флексографічний друк є єдиним промисловим методом, який дозволяє раціонально поєднати пряме нанесення зображення на готовий гофрокартон із високою швидкістю та низькою собівартістю форми і відбитка.

Технологічний процес прямого флексодруку обґрунтовано такими конструктивними та фізико-хімічними перевагами:

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Збереження жорсткості гофрокартону. Використання еластичних фотополімерних форм із твердістю 32–38 одиниць за Шор А дозволяє реалізувати процес друку з мінімальним питомим тиском [14]. Форма делікатно контактує з поверхнею тест-лайнера, компенсуючи мікронерівності та не розчавлюючи хвилеподібний профіль флютингу [16]. Це гарантує відповідність готової тари вимогам ДСТУ ГОСТ 9142:2019 за показниками опору плоскому та торцевому стисненню [25].

2. Застосування екологічних фарб. Водно-дисперсійні фарби швидко закріплюються на макропористій поверхні картону за рахунок абсорбції та коагуляції акрилових єднальних речовин [3, 7]. Відсутність у складі фарб токсичних органічних розчинників дозволяє виготовляти тару для харчових продуктів і медикаментів, що відповідає вимогам ДСТУ 4260:2003 [27].

3. Висока продуктивність та модульність. Аркушеві флексомашини секційного типу дозволяють за один прогін наносити до 3–4 кольорів, що повністю перекриває вимоги ринку в кольоровому маркуванні транспортної тари [5, 17].

Опис технологічної схеми дільниці. Технологічний процес на проектуємій дільниці побудовано за лінійно-вузловим принципом із чітким розділенням матеріальних потоків для запобігання зустрічному руху сировини та готової продукції [4].

Процес складається з таких послідовних стадій:

- Стадія 1: Приймання та підготовка матеріалів. Заготовки гофрокартону заданого крою надходять на склад сировини. Проводиться технологічний контроль вологості (норма 6–9%) та геометрії аркушів відповідно до ДСТУ ГОСТ 7376-89. Матеріали витримуються у виробничому приміщенні не менше 24 годин для акліматизації [6, 24].

- Стадія 2: Підготовка друкарських форм та фарб. Фотополімерні форми монтуються на формні гільзи або безпосередньо на формний циліндр за допомогою двосторонньої компресійної стрічки, яка додатково амортизує тиск [2, 14]. Водно-дисперсійні фарби перемішуються, проводиться контроль їх робочої в'язкості за віскозиметром ВЗ-246 (норма 18–22 секунди) [3].

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Стадія 3: Подача та друк. Заготовки автоматично подаються з палети за допомогою вакуумно-роликового пристрою секції накладу, що виключає перекид аркушів [5]. Аркуш послідовно проходить через друкарські секції, де фарба з кіпселя передається керамічним анілоксовим валом на фотополімерну форму, а з неї – на картон [1].

- Стадія 4: Закріплення та сушіння. Після кожної друкарської секції та на виході з машини відбиток піддається обдуву гарячим повітрям (температура 40–50 °С) за допомогою міжколірних та фінальних сушильних систем інфрачервоного або конвекційного типу [10, 17]. Це забезпечує повне випаровування водної основи та фіксацію пігменту.

- Стадія 5: Контроль якості та штабелювання. Готові відбитки проходять автоматизований або візуальний контроль точності суміщення фарб та оптичної щільності [19]. Далі аркуші надходять на приймально-вивідний пристрій, де формуються у пачки, обв'язуються поліпропіленовою стрічкою та укладаються на піддони [18, 22].

Обрана технологічна схема забезпечує мінімальну кількість відходів, високу швидкість обробки замовлень та дозволяє повністю реалізувати виробничу програму 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік при роботі в двоклітинному або триклітинному режимі змитивності.

### 1.3 Вибір району будівництва цеху

Вибір економічно та логістично обґрунтованого району розташування проектуємої ділянки друку на гофрокартоні є одним із ключових етапів проектування поліграфічного підприємства. Від правильного географічного та територіального розміщення виробництва безпосередньо залежать капітальні витрати на будівництво, надійність постачання сировини, швидкість доставлення готової продукції до споживачів, кінцева собівартість пакування та термін окупності інвестицій [4, 12].

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обґрунтуванні району будівництва дільниці флексографічного друку потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік враховано комплекс факторів, які класифікують за кількома основними групами:

- наявність стійкої сировинної бази та близькість постачальників допоміжних матеріалів;
- місткість регіонального ринку збуту готової продукції;
- розвиненість транспортно-логістичної інфраструктури;
- забезпечення виробничими ресурсами (електроенергія, водопостачання, теплопостачання);
- наявність кваліфікованих кадрів відповідного профілю [15].

Зважаючи на зазначені фактори для розміщення проектуємої дільниці друку обрано Придніпровський економічний район, місто Дніпро. Цей регіон є одним із найбільших промислових та логістичних центрів України, що створює оптимальні передумови для стабільного функціонування нового пакувального виробництва.

Обґрунтування вибору за основними виробничими факторами:

1. Сировинна база та матеріальне забезпечення. Специфіка роботи дільниці друку потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік вимагає безперебійного постачання великих обсягів тришарового та п'ятишарового гофрованого картону в аркушах згідно з ДСТУ ГОСТ 7376-89. Дніпропетровська область та суміжні регіони мають розвинене виробництво целюлозно-паперової продукції та гофрокартону (зокрема, заводи у Дніпрі, Самару та сусідніх областях). Це мінімізує транспортні витрати на доставлення великогабаритної сировини. Постачання високоякісних водно-дисперсійних фарб, фотополімерних формних матеріалів та змивних розчинів забезпечується через офіційні представництва провідних вітчизняних та європейських виробників, які зосереджені у Дніпрі та Києві [3].

2. Ринок збуту готової продукції. Гофротари з багатоколірним флексодруком потребують підприємства, що випускають споживчі товари, продукти харчування, побутову хімію та промислову продукцію [25]. У Дніпропетровському регіоні зосереджена велика кількість потужних

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кондитерських фабрик, олійно-екстракційних заводів, підприємств харчової та легкої промисловості, великих логістичних розподільчих центрів ритейлу. Необхідність цих підприємств у якісному брендovanому пакуванні значно перевищує проектну потужність проектованої дільниці, що гарантує стабільний попит та швидке формування портфеля замовлень [12].

3. Транспортно-логістичні умови. Місто Дніпро є потужним залізничним та автомобільним вузлом, розташованим на перетині важливих транспортних артерій національного та міжнародного значення (автошляхи М-30, М-18, Н-08). Це дозволяє оперативно здійснювати приймання сировини та відвантаження готових палет із гофроящиками автомобільним транспортом як по місту та області, так і в інші регіони України. Радіус ефективної доставки продукції автомобільним транспортом дільниці становить до 250–300 км, що повністю охоплює центральну та східну частини країни.

4. Енергетичні та природні ресурси. Проект передбачає розміщення дільниці на території промислової зони міста або на умовах оренди (чи реконструкції) вільних площ діючого поліграфічного/пакувального підприємства. Це знімає необхідність прокладання нових інженерних комунікацій з нуля. Район будівництва повністю забезпечений централізованими мережами електропостачання, водопроводу та каналізації, що задовольняє технологічні потреби флексомашин, систем сушіння та приміщень для підготовки фарб [4].

5. Забезпечення кваліфікованою робочою силою. Флексографічний друк на гофрокартоні є високоавтоматизованим процесом, який вимагає обслуговування інженерами-технологами, друкарями та наладчиками високої кваліфікації [8]. Дніпро є значним науково-освітнім центром. Підготовку профільних фахівців за спеціальністю 186 «Видавництво та поліграфія» здійснює Український державний хіміко-технологічний університет (УДХТУ), що повністю вирішує питання комплектування штату дільниці молодими та кваліфікованими інженерно-технічними кадрами [40].

За кліматичними показниками обраний район належить до помірно-континентальної зони з теплим літом та помірно холодною зимою. Ці умови є сприятливими для експлуатації виробничих будівель. При проектуванні систем

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК) враховуються параметри зовнішнього середовища для забезпечення стабільного мікроклімату в цеху (температура 18–22 °С, відносна вологість 50–65%), що є критично важливим для стабільної геометрії гофрокартону та нормального закріплення водних фарб [30, 37].

З погляду екологічної безпеки, розміщення дільниці в межах існуючої промислової зони міста Дніпро відповідає вимогам Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [36]. Виробничий процес прямого флексодруку водно-дисперсійними фарбами не пов'язаний із масивними токсичними викидами, а технологічні відходи підлягають збиранню та передачі на спеціалізовані підприємства для вторинної переробки [21].

Вибір міста Дніпро як району будівництва дільниці друку на гофрокартоні потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік є повністю технічно та економічно виправданим, оскільки забезпечує мінімальні логістичні витрати, постійний доступ до ринку збуту та високий кадровий потенціал.

#### 1.4 Характеристика вихідних матеріалів та готової продукції

Ефективне функціонування проєктуємої дільниці прямого аркушевого флексографічного друку та стабільне забезпечення високої якості відбитків залежить від фізико-хімічних, структурно-механічних та геометричних параметрів сировини, також від чіткого дотримання нормативних вимог до кінцевого пакування.

##### 1.4.1 Характеристика вихідних матеріалів

До основних вихідних матеріалів дільниці належать заготовки тришарового гофрованого картону, водно-дисперсійні друкарські фарби, фотополімерні друкарські форми та допоміжні матеріали для їх монтажу і очищення [3, 6, 14].

Основним задруковуваним матеріалом є аркушеві заготовки тришарового гофрованого картону типів Т-21, Т-22, Т-23 із профілями В (дрібна гофра, висота

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2,2–3,0 мм) та С (середня гофра, висота 3,2–4,5 мм) згідно з ДСТУ ГОСТ 7376-89 [24].

Для забезпечення високої якості багатоколірного відтворення на дільниці застосовують гофрокартон із топ-лайнром двох видів:

- Тест-лайнер бурий (небілений целюлозний або макулатурний картон) – використовується для транспортного пакування з мінімальними вимогами до художнього оформлення (1–2 кольори, штрихові зображення, маркування, маніпуляційні знаки).
- Тест-лайнер або крафт-лайнер білий (хмарний або повністю білений) – застосовується для споживчого та преміального транспортного пакування з багатоколірним растровим друком високої складності [6].

Технічні вимоги до заготовок гофрокартону перед подачею на друк:

1. Вологість матеріалу повинна становити 6,0–9,0% відповідно до ДСТУ ГОСТ 7376-89. Відхилення від норми викликає жолоблення аркушів, що унеможливує точну приводку фарб.

2. Показник поглинання води поверхнею лайнера при односторонньому змочуванні (тест Кобба, КОВВ<sub>30</sub>) має перебувати в межах 30–50 г/м<sup>2</sup>. Надмірне вбирання призводить до «провалювання» фарби та втрати оптичної щільності, а недостатнє – до сповільнення закріплення та відмарювання [7].

3. Шорсткість поверхні лайнера за методом Бендтсена не повинна перевищувати 250–350 мл/хв для забезпечення рівномірного контакту з друкарською формою.

Для нанесення зображення використовуються екологічно безпечні водно-дисперсійні фарби на акриловій основі серій СМУК та палітри Pantone [3, 22]. Фарби є багатокомпонентними колоїдними системами, які складаються з тонкодисперсного органічного або неорганічного пігменту (12–20%), акрилової гідрозольної смоли як єднальної речовини (20–30%), води як основного розчинника (45–55%) та функціональних добавок (стабілізатори, піногасники, воски) [3].

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### Технічні показники друкарських фарб:

- Робоча в'язкість за віскозиметром ВЗ-246 (діаметр сопла 4 мм) при температурі 20 °С: 18–22 секунди для растрових робіт; 22–26 секунд для суцільних плашок [8].
- Водневий показник (рН): 8,2–8,8. Контроль лужності є критичним, оскільки при зниженні рН акрилова смола коагулює, що викликає забивання комірок анілоксового вала.
- Швидкість висихання: закріплення на пористому картоні має відбуватися за 1,0–2,5 секунди за рахунок абсорбції води волокнами целюлози [7].

Для прямого флексодруку на гофрокартоні застосовують аналогові або цифрові еластичні форми на основі твердих фотополімеризуючих композицій товщиною 3,94 мм або 2,84 мм [2, 14].

#### Технічні характеристики фотополімерні друкарські форми (ФДФ):

- Твердість за шкалою Шор А: 32–36 одиниць для друку плашок на шорсткому картоні; 38–42 одиниці для напівтонового растрового друку [14]. Менша твердість дозволяє формі деформуватися і проникати в мікрозападини картону без збільшення тиску.
- Технологія формування растрових точок: перевага надається формам із плоскою вершиною, що мінімізує ефект розтискування крапок при флуктуаціях тиску.
- Монтаж форм здійснюється на формні циліндри за допомогою двосторонніх компресійних стрічок на пінистій основі товщиною 0,55 мм, які мають високу здатність до відновлення геометрії після стиснення.

#### 1.4.2 Характеристика готової продукції

Готовою продукцією проектуємої дільниці є аркушеві заготовки коробів, ящиків або лотків із тришарового гофрованого картону з нанесеним одно-, дво-, три- або чотириколірним графічним зображенням. Ця продукція є напівфабрикатом для подальших операцій висікання, фальцювання та склеювання (якщо друк

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

винесено в окрему технологічну лінію) або безпосередньо готовим розгортками ящиків за класифікацією FEFCO [25].

Готова продукція повинна повністю відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 9142:2019 «Ящики з гофрованого картону. Загальні технічні умови» та специфікаціям замовника за геометричними, міцнісними та колориметричними показниками.

Параметри оцінки якості готової продукції дільниці:

1. Точність суміщення фарб. Для багатокольорового друку на гофрокартоні суміщення контурів різних кольорових плашок та растрових зображень має становити [19]:

- для штрихових робіт: не більше  $\pm 0,5$  мм;
- для повнокольорних растрових робіт (СМУК): не більше  $\pm 0,3$  мм.

2. Оптична щільність та колориметричні показники. Контроль насиченості плашок здійснюється денситометричним методом. Стандартні значення оптичної щільності (D) на білому топ-лайнєрі:

- Cyan (D = 1,25–1,35);
- Magenta (D = 1,20–1,30);
- Yellow (D = 0,95–1,05);
- Black (D = 1,40–1,50) [19].

Відхилення кольору за специфікацією Pantone ( $\Delta E$ ) не повинно перевищувати 2,5 одиниці.

3. Збереження структурної міцності гофри. Прямий друк не повинен знижувати тримальну здатність гофрокартону. Опір плосковому стисненню (FCT) та торцевому стисненню (ECT) віддрукованого аркуша має складати не менше 90% від початкових показників чистого картону за ДСТУ ГОСТ 7376-89 [16, 24]. Не допускається видиме продавлювання профілю («ефект пральної дошки»).

4. Стійкість фарбового шару. Закріплений фарбовий шар повинен мати високу стійкість до стирання сухою та вологою тканиною, що перевіряється на спеціальних приладах стійкості до тертя. Фарба не повинна злущуватися,

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмазуватися під час логістичних операцій або залишати сліди на суміжних аркушах у штабелі [22].

5. Графічна чіткість. Текстові елементи розміром від 6 пунктів (при виворотному друці – від 8 пунктів) мають бути чіткими, читабельними, без розмиття країв та незадрукованих ділянок. Растрове розтискування (Dot Gain) на 50% проміжних тонів не повинно перевищувати 15–18%.

Готові заготовки укладаються на дерев'яні піддони в транспортні палети висотою до 1800 мм, обв'язуються поліпропіленовими стрічками та маркуються ярликами із зазначенням артикулу, тиражу, дати виготовлення та штампа відділу технічного контролю (ВТК).

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Технологічний процес. Норми технологічного режиму

Технологічний процес дільниці прямого аркушевого флексографічного друку на гофрованому картоні є сукупністю послідовних та взаємопов'язаних гідродинамічних, механічних і фізико-хімічних процесів. Метою цих процесів є точне відтворення графічної інформації на макропористій нерівній поверхні матеріалу за умови повного збереження його вихідних міцнісних та амортизаційних властивостей.

#### 2.1.1 Опис стадій технологічного процесу

1. Стадія акліматизації та підготовки заготовок гофрокартону. Аркуші тришарового гофрованого картону типів Т-21, Т-22 чи Т-23 надходять на виробничу дільницю у штабелях на палетах. Перед подачею у друкарську машину матеріал піддається обов'язковій технологічній витримці (акліматизації) у приміщенні цеху протягом 24–48 годин [6, 16]. Це потрібно для вирівнювання температури та вологості картону з параметрами виробничого середовища, що запобігає деформації аркушів. Безпосередньо перед завантаженням у фідер машини проводиться візуальний контроль геометрії заготовок та знепилення їхньої поверхні за допомогою вбудованих у секцію накладу щіткових або вакуумних пристроїв.

2. Стадія підготовки та монтажу друкарських форм. Еластичні фотополімерні друкарські форми товщиною 3,94 мм (або 2,84 мм) проходять контроль лінійних розмірів та дефектів рельєфу. Монтаж форм виконується на формні циліндри або змінні гільзи поза друкарською машиною за допомогою спеціалізованого монтажного верстата з відеокамерами високої роздільної здатності. Позиціонування здійснюється за хрестами приводки. Як проміжний шар використовують двосторонню компресійну стрічку товщиною 0,55 мм на пінистій основі [3]. Компресійна стрічка виконує функцію демпфера, поглинаючи надлишковий тиск у зоні контакту та знижуючи динамічні навантаження.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Стадія підготовки та кондиціонування друкарських фарб. Для друку застосовують водно-дисперсійні фарби. Процес підготовки включає ретельне механічне перемішування фарби у фірмовій тарі для руйнування тиксотропної структури та досягнення однорідності колоїдної системи. Далі виконується вимірювання та коригування робочої в'язкості шляхом додавання дистильованої води або спеціальних розчинників-уповільнювачів, а також контроль водневого показника (рН) за допомогою цифрового рН-метра. Готова фарба заливається у циркуляційну систему друкарської секції.

4. Стадія накладу та транспортування аркушів. Подача заготовок гофрокартону у друкарський апарат здійснюється автоматично з пачки за допомогою вакуумно-роликового фідера (механізму з нижньою або верхньою подачею передньою кромкою). Вакуумний притиск забезпечує надійне захоплення навіть викривлених аркушів. Транспортування заготовки між друкарськими секціями реалізується за допомогою вакуумного ременного конвеєра. Це гарантує жорстку фіксацію аркуша в горизонтальній площині та виключає механічне пошкодження щойно нанесеного фарбового шару.

5. Стадія нанесення фарби та друку зображення. Процес фарбопередачі у кожній секції здійснюється за допомогою закритих камер-ракельних систем та керамічних анілоксових валів із лазерним гравіюванням комірок. Фарба під тиском подається в камеру, ракельні ножі зрізають її надлишок із поверхні анілокса, залишаючи фарбу лише у комірках заданого об'єму. При контакті анілоксового вала з формним циліндром фарба переходить на друкуючі елементи фотополімерної форми.

Далі аркуш гофрокартону проходить між формним та друкарським циліндрами. У цій зоні реалізується технологічний режим мінімального тиску («kiss-print»). Величина деформації гофри притискним валом обмежується сотими частками міліметра, що дозволяє передати фарбу на топ-лайнер без руйнування хвилеподібної структури флютингу.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Стадія міжколірного та фінального сушіння відбитків. Оскільки водно-дисперсійні фарби закріплюються переважно за рахунок вбирання води пористим картоном та випаровування залишків вологи, після кожної друкарської секції аркуш проходить зону міжколірного сушіння. Фінальне закріплення відбувається у кінцевому сушильному модулі перед прийманням. Сушіння здійснюється шляхом інтенсивного обдуву поверхні відбитка гарячим повітрям у поєднанні з інфрачервоними (ІЧ) випромінювачами. Це забезпечує швидку коагуляцію акрилових смол та фіксацію пігменту, запобігаючи відмарюванню фарби у штабелі.

7. Стадія виводу, штабелювання та пакування готової продукції. Віддруковані аркуші надходять на приймальний транспортер, де швидкість їхнього руху сповільнюється для формування безперервного каскадного потоку. За допомогою автоматичного штабелеукладача аркуші збираються у пачки заданої кількості, проходять вузол обв'язування поліпропіленовою стрічкою та укладаються на дерев'яні піддони. Готові палети транспортуються на склад готової продукції за допомогою гідравлічних візків або навантажувачів.

### 2.1.2 Норми технологічного режиму

Для забезпечення стабільного перебігу процесу прямого аркушевого флексографічного друку на тришаровому гофрованому картоні та мінімізації відсотків технологічного браку встановлюється жорсткий комплекс норм технологічного режиму. Ці норми охоплюють кліматичні параметри виробничого середовища, структурно-поверхневі характеристики сировини, реологічні та колоїдні показники друкарських фарб, до того ж динамічні та геометричні налаштування елементів друкарського апарату.

Стабільність мікроклімату на ділянці друку є базовою умовою для прогнозованого поведінки паперу та рідких фарб. Нормативне значення температури повітря у робочій зоні цеху становить  $20 \pm 2$  °C [32, 37]. Даний температурний діапазон є оптимальним для підтримання стабільної кінематичної в'язкості водно-дисперсійних фарб та запобігання передчасному випаровуванню летких компонентів (води та стабілізуючих амінів) з камери ракельної системи.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносна вологість повітря повинна суворо підтримуватися в межах  $55 \pm 5 \%$  [32, 37]. Зниження вологості призводить до надлишкового пересихання поверхневого шару гофрокартону, що викликає його підвищену пористість та надмірне вбирання фарби. Навпаки, підвищення вологості понад  $60 \%$  сповільнює процес конвекційного та інфрачервоного сушіння, створюючи ризик перетискування та відмарювання фарби у штабелі готової продукції. Контроль цих параметрів здійснюється безперервно за допомогою цифрових термогігрометрів або аспіраційних психрометрів.

Тришаровий гофрований картон є гідрофільним капілярно-пористим матеріалом, тому його вихідні характеристики безпосередньо впливають на адгезію фарби. Нормативна вихідна вологість гофрокартону перед подачею на фідер має становити від  $6,0 \%$  до  $9,0 \%$  відповідно до ДСТУ ГОСТ 7376-89. Для досягнення цієї рівноважної вологості заготовки обов'язково проходять акліматизацію у приміщенні цеху протягом не менше ніж 24 годин. Величина жолоблення аркуша гофрокартону не повинна перевищувати 10 мм на 1 погонний метр матеріалу. Перевищення цієї норми унеможлиблює точну роботу вакуумно-роликового фідера, викликає перекося аркушів при транспортуванні та призводить до дефектів суміщення кольорів.

Критично важливим фізичним показником є поглинання води поверхнею зовнішнього лайнера, яке визначається методом одностороннього змочування (КОВВ30) і має перебувати в межах від 30 до  $50 \text{ г/м}^2$  [16, 19]. Якщо показник становить менше  $30 \text{ г/м}^2$  (характерно для високопроклеєних крафт-лайнєрів), водна основа фарби не встигає всотатися у волокна, фарба розтікається і змазується. При показникові понад  $50 \text{ г/м}^2$  (низькоякісні макулатурні тест-лайнєри) фарба надмірно глибоко проникає в товщу картону, через що відбиток стає бляклим, втрачає оптичну щільність та глянцевість.

Post-print вимагає диференційованого підходу до вибору еластичності фотополімерних форм залежно від характеру відтворюваного сюжету. Для друку складних напівтонових растрових зображень та дрібних текстових елементів застосовують форми з вищою твердістю – від 38 до 42 одиниць за шкалою Шор А

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[3, 14]. Це дозволяє уникнути деформації країв растрових точок під дією тиску. Для задруковування суцільних плашкових поверхонь та великих фонових елементів на шорсткому картоні норма твердості становить 32–36 одиниць за Шор А. М'якший полімер краще компенсує мікронеоднорідності тест-лайнера, забезпечуючи рівномірне покриття без пролісин.

Товщина двосторонньої монтажної компресійної стрічки, на яку форма кріпиться до циліндра, повинна становити  $0,55 \pm 0,01$  мм. Структура цієї стрічки з мікрокомірчастим пінополіуретаном забезпечує амортизацію динамічних ударів у момент входження форми в контакт із картоном. Точність позиціонування форм на монтажному столі за допомогою відеокамер контролюється з допуском не більше  $\pm 0,10$  мм, що є запорукою мінімізації часу на подальшу приводку в машині.

Водно-дисперсійні акрилові фарби перед початком тиражу піддаються ретельному механічному кондиціонуванню. Головним реологічним параметром, що визначає товщину нанесеного фарбового шару та чіткість друку, є робоча в'язкість. Вона вимірюється за часом витікання фарби через сопло діаметром 4 мм віскозиметра ВЗ-246 при температурі  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  [3, 19]. Для растрових робіт та відтворення делікатних ліній норма в'язкості становить 18–21 секунду (більш текуча фарба швидше вивільняється з дрібних комірок анілокса). Для високоінтенсивних плашкових робіт норма становить 22–26 секунд, що забезпечує високу оптичну щільність та покривну здатність.

Водневий показник (рН) акрилових водно-дисперсійних систем є індикатором їхньої колоїдної стабільності та повинен суворо утримуватися в діапазоні від 8,2 до 8,8 [3, 19]. При цьому значенні лужності акрилові смоли перебувають у повністю розчиненому стані, гарантуючи оптимальний баланс між швидкістю закріплення фарби на картоні та її стабільністю на анілоксовому валу. Температура фарби, що циркулює через камер-ракельну систему, повинна утримуватися в межах  $20\text{--}24\text{ }^{\circ}\text{C}$  за допомогою систем термостабілізації.

Проектна швидкість роботи аркушевої флексографічної машини варіюється залежно від складності графіки та якості картону і становить від 3500 до 6500

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аркушів на годину. Величина технологічного тиску між формним та протитискним циліндрами (зона друкарського контакту) є ключовою нормою процесу «kiss-print» і повинна становити всього 0,05–0,08 мм. Цей тиск забезпечує молекулярне перенесення фарби з форми на картон без деформації повітряних каналів гофри.

Для прискорення випаровування водної основи фарби температура гарячого повітря в системах міжколірного конвекційного сушіння встановлюється на рівні 40–45 °С, а в фінальному сушильному модулі перед стакером – на рівні 45–55 °С, що гарантує повне висихання відбитка при максимальних швидкостях роботи лінії.

### 2.1.3 Контроль технологічного процесу та відхилень

Система контролю технологічного процесу на проєктуємій дільниці базується на превентивному моніторингу ключових параметрів та оперативному усуненні відхилень від встановлених норм. Порушення технологічного режиму у флексодруці на гофрокартоні має ланцюговий характер, коли відхилення одного показника тягне за собою появу комплексу взаємопов'язаних дефектів друку та погіршення фізико-механічних характеристик готової тари.

Найбільш динамічним і схильним до відхилень чинником є хімічний склад водно-дисперсійної фарби. Під час роботи друкарської машини через постійну циркуляцію та контакт із повітрям відбувається природне випаровування леткого стабілізатора – летких амінів. Це призводить до падіння водневого показника нижче критичної межі ( $pH < 8,0$ ). Зниження лужності викликає втрату розчинності акрилового єднального, внаслідок чого колоїдна система фарби починає мікрокоагулювати, а її в'язкість стрімко зростає понад 30 секунд.

Технологічним наслідком цього відхилення є забивання комірок керамічного анілоксового вала напіввисохлою фарбою. Фарбопередача різко падає, на відбитках з'являється дефект «сивого друку» (недостатня оптична щільність, пролисини, порушення колориметричних параметрів  $\Delta E$ ). Окрім цього, занадто в'язка фарба починає вищипувати поверхневі волокна з тест-лайнера, які налипають на фотополімерну форму та створюють марашки.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю цього процесу кожні 30–40 хвилин оператор ділянки проводить експрес-тест в'язкості за допомогою віскозиметра ВЗ-246 та вимірювання рН цифровим приладом. При виявленні падіння рН та зростання в'язкості у фарбу дозовано додають технологічну добавку – рН-стабілізатор (амінові розчини) та дистильовану воду, повертаючи систему до норми.

Прямий друк на готовому гофрокартоні є надзвичайно чутливим до пресування. Відхилення величини технологічного тиску у бік збільшення понад 0,10 мм (через неправильне калібрування зазору між циліндрами або коливання товщини самого гофрокартону) призводить до важких механічних та графічних наслідків. З механічного погляду, надмірний тиск повністю або частково розчавлює хвилеподібний профіль флютингу. Це викликає безповоротне руйнування просторової структури матеріалу, внаслідок чого показники опору коробів торцевому стисненню (ЕСТ) та плоскому стисненню (FСТ) падають на 20–30 % від початкових значень за ДСТУ ГОСТ 7376-89. Така гофротара втрачає жорсткість і розплющується на нижніх ярусах палет при штабелюванні на складах.

З графічного погляду, надмірний тиск викликає інтенсивне розтискування растрових точок. Растрова точка на м'якій фотополімерній формі під дією сили розплющується, площа фарбового контакту збільшується, що призводить до різкого потемніння напівтонових зображень, завалювання тіней у суцільний чорний колір та втрати чіткості дрібного тексту. На додаток виникає ефект «пральної дошки», коли на відбитку чітко проглядаються темні смуги, що збігаються з вершинами гофри, та світлі смуги між ними.

Контроль тиску здійснюється оператором за допомогою електронних датчиків тиску на пульти керування машини та шляхом мікрометричного вимірювання товщини віддрукованого гофрокартону. При виявленні продавлювання зазор між формним і друкарським циліндрами збільшують за допомогою сервоприводів із точністю до 0,01 мм.

Аналіз відхилень у роботі сушильних систем та закріпленні фарби. Якщо швидкість друку перевищує можливості сушильних модулів, або якщо температура

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітря у міжколірних сушарках падає нижче 40 °С (наприклад, через вихід з ладу ТЕНів чи засмічення повітряних фільтрів), водна основа фарби не встигає повністю випаруватися до моменту виходу аркуша на приймання. Недосушений фарбовий шар під дією високого тиску ваги штабеля починає копіюватися на зворотний бік суміжного аркуша гофрокартону. Цей дефект називається відмарюванням або блокуванням аркушів. При спробі розділити такі заготовки фарбовий шар руйнується, відриваючись разом із волокнами паперу, що робить тираж повним шлюбом.

Для недопущення цього відхилення відділ технічного контролю (ВТК) здійснює вибірку перевірку відбитків на стійкість до стирання, а оператор контролює працездатність вентиляційних та ІЧ-систем сушіння.

У процесі багатоколірного друку будь-які коливання у швидкості подачі аркушів фідером або проковзування вакуумних пасів конвеєра викликають відхилення контурів кольорових зображень відносно один одного. Якщо величина цього відхилення перевищує норму (для растру – понад  $\pm 0,3$  мм, для штриха – понад  $\pm 0,5$  мм), зображення стає розмитим, з'являються сторонні кольорові ореоли на межах об'єктів.

Контроль суміщення здійснюється візуально за допомогою спеціальних прицільних міток (хрестів приводки) та 10-кратної вимірювальної лупи зі шкалою. Сучасні друкарські лінії оснащені автоматичними оптичними системами контролю суміщення (Video Inspection System), які сканують мітки на повній швидкості друку і при виявленні мікрозсувів автоматично подають сигнал на сервоприводи формних циліндрів для осьової та тангенціальної корекції положення форми без зупинки машини.

## 2.2 Вибір та обґрунтування обладнання для забезпечення технологічного процесу

Для забезпечення проєктної потужності дільниці обсягом 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік, зниження собівартості готової продукції та мінімізації капітальних витрат у проєкті

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прийнято рішення про впровадження інтегрованої інлайнової технологічної схеми виробництва.

Порівняно з роздільними комплексами, які вимагають значних виробничих площ для проміжного зберігання напівфабрикатів та залучення великої кількості обслуговчого персоналу, інлайнова лінія забезпечує виконання всього циклу обробки гофрокартону за один прохід.

Для реалізації цього підходу обрано багатофункціональний комплекс Pinlong PL-GPFG-1224 (виробництва Guangdong Pinlong Precision Technology Co., Ltd.) [43]. Ця автоматизована лінія об'єднує в єдиний технологічний ланцюг процеси подачі аркушів, багатоколірного друку, просічки, ротаційної висічки, видалення відходів, фальцювання, склеювання та автоматичного формування пачок готових коробів.

Впровадження лінії такого класу в межах проєкту обґрунтовано наступними чинниками:

- Оптимізація логістики цеху: Повністю усувається потреба в проміжному транспортуванні та зберіганні технологічних стоп між друком, висічкою та склеюванням.
- Мінімізація ручної праці: Весь цикл від заготовки до готової пачки коробок контролюється однією бригадою операторів (3–4 особи).
- Висока геометрична точність: Завдяки безперервному фіксованому переміщенню аркуша вздовж усієї лінії унеможливорюються перекося та дефекти склеювання.
- Економічна доцільність: Обладнання ідеально відповідає масштабу невеликого регіонального підприємства, забезпечуючи високу якість за адекватних капіталовкладень та маючи значний резерв для подальшого нарощування обсягів виробництва.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.1 Характеристика друкарсько-висікального модуля лінії (PL-GP)

Друкарсько-висікальний модуль лінії серії PL-GP є базовим технологічним блоком комплексу. Він здійснює автоматичну високоточну подачу заготовок тришарового гофрокартону марки Т-22, нанесення чотирьохколірного флексографічного друку (Top Print), поздовжнє прорізання шліців та ротаційну висічку складних конструктивних елементів.

Конструктивні та технологічні переваги модуля PL-GP:

- Вакуумне перенесення аркушів (Vacuum Transfer): На відміну від роликової протяжки, вакуумні столи надійно фіксують аркуш під час проходження через усі 4 друкарські секції. Це гарантує точність суміщення кольорів у межах  $\pm 0,3$  мм та повністю виключає пошкодження гофрованого профілю картону, зберігаючи його міцнісні характеристики.
- Сучасний стандарт флексоформ: Конструкція друкарського циліндра розрахована на використання фотополімерних кліше товщиною 3,9 мм. Це дозволяє досягати високої чіткості при відтворенні дрібних елементів маркування, штрих-кодів та художнього оформлення.
- Автоматизована система налаштування: Комп'ютеризована система керування (PLC) дозволяє зберігати параметри налаштувань тиражів у пам'яті машини. Переналагодження сервоприводів під новий формат коробки відбувається автоматично, що мінімізує технологічні простоя дільниці.
- Секція ротаційної висічки (Die-Cutter): Оснащена системою компенсації лінійної швидкості та автоматичним пристроєм для шліфування поліуретанового бандажа вала, що забезпечує тривалий термін служби штампів та ідеальну якість вирубки ручок складних ящиків.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики модуля флексодруку та висічки PL-GP 1224 [43].

Параметр	Значення показника
Максимальна паспортна швидкість, аркушів/хв	200
Максимальний товщина аркуша, мм	1200 × 2410
Мінімальна товщина аркуша, мм	350 × 600
Максимальна ширина паперу, що пропускається, мм	1500 × 2410
Максимальна зона друку, мм	1200 × 2400
Кількість друкарських секцій (колірність), шт	4
Товщина друкарської форми, мм	3,9
Точність суміщення кольорів, мм	±0,3
Тип перенесення аркушів у машині	Вакуумний
Конфігурація нанесення фарби	Верхній друк

### 2.2.2 Характеристика фальцювально-склеювального модуля та лічильника-ежектора (PL-FG)

Фальцювально-склеювальний модуль серії PL-FG інтегрований у лінію безпосередньо за блоком висічки й виконує фінальні операції з перетворення пласкої заготовки на готове пакування: автоматичне нанесення адгезиву, точне фальцювання по лініях рилування, вирівнювання геометрії, підрахунок та формування пачок.

Конструктивні та технологічні переваги модуля PL-FG:

- Комп'ютеризована клейова система: Нанесення клею на сполучний клапан здійснюється автоматичною форсунковою системою високого тиску. Подача клею жорстко синхронізована зі швидкістю руху стрічки, що гарантує економне нанесення без розбризкування та патьоків.
- Технологія нижнього згинання (Down-folding): Оскільки лінія використовує верхній друк, коробка складається лицьовою стороною назовні та

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вниз. Це повністю виключає контакт задрукованої поверхні з напрямними пасами, запобігаючи змазуванню та відмаруванню фарби.

- Калібрувальний пристрій (Squaring device): Спеціальні бокові та торцеві лінійки у секції формування пачок здійснюють динамічне вирівнювання складених коробів. Це усуває поширений технологічний дефект «риб'ячого хвоста» (непаралельність сторін) та гарантує сувору прямокутність гофроящика під час подальшого пакування.

- Лічильник-ежектор (Counter Ejector) з верхнім завантаженням: Накопичує готові склеєні коробки у вертикальні стопки, здійснює точний електронний підрахунок заданої програми та автоматично виштовхує сформовані пачки на приймальний транспортер для обв'язування.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики модуля фальцювання та склеювання PL-FG 1224 [43].

Параметр	Значення показника
Максимальна швидкість фальцювання та склеювання	Синхронізована з принтером (до 200 шт/хв)
Спосіб нанесення клейового розчину	Автоматичний, форсунковий (спресвий)
Напрямок згинання клапанів коробки	Вниз
Тип приводу фальцювальних пасів	Індивідуальні сервоприводи з точним регулюванням швидкості
Метод усунення перекосів	Автоматичні калібрувальні лінійки
Спосіб підрахунку та вивантаження пачок	Електронний лічильник, верхнє притискне завантаження
Керування модулем	Інтегроване в загальну систему PLC всієї лінії

## 2.3 Матеріальні розрахунки

Метою матеріальних розрахунків є визначення річної потреби проєктуємої ділянки у сировині, основних та допоміжних матеріалах, що необхідні для забезпечення заданої виробничої програми обсягом 1,8 млн м<sup>2</sup> готової тари на рік.

Розрахунок виконується згідно з чинними галузевими нормами технологічних відходів для інтегрованих інлайнних ліній.

Для конкретизації розрахунків як виріб-представник обрано ящик гофрований чотирьохклапанний (за міжнародним каталогом FEFCO типу 0201) із внутрішніми розмірами 400 × 300 × 300 мм, що виготовляється з тришарового гофрокартону марки Т-22 (профіль С) [25, 42].

### 2.3.1 Розрахунок геометричних параметрів виробу-представника

Для визначення кількісного виходу продукції у штуках спершу розраховують повні розміри пласкої розгортки ящика враховуючи технологічні припуски на товщину картону та клейовий клапан.

Довжина заготовки розгортки ( $L_{\text{заг}}$ , мм) розраховується за формулою:

$$L_{\text{заг}} = (L + B) \times 2 + \Delta 1 + l_{\text{кл}} \quad (2.1)$$

де  $L$  – довжина ящика (400 мм);

$B$  – ширина ящика (300 мм);

$\Delta 1$  – технологічний припуск на товщину матеріалу та згини (15 мм);

$l_{\text{кл}}$  – ширина клейового клапана (35 мм).

$$\begin{aligned} L_{\text{заг}} &= (400 + 300) \times 2 + 15 + 35 \\ &= 1450 \text{ мм} = 1,45 \text{ м} \end{aligned}$$

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина заготовки розгортки ( $B_{\text{заг}}$ , мм) дорівнює висоті розгортки разом з клапанами:

$$B_{\text{заг}} = H + B + \Delta_2 \quad (2.2)$$

де  $H$  – висота ящика (300 мм);

$B$  – ширина ящика (300 мм, клапани перекриваються наполовину з кожного боку:  $150 + 150 = 300$  мм);

$\Delta_2$  – припуск на згини (10 мм).

$$B_{\text{заг}} = 300 + 300 + 10 = 610 \text{ мм} = 0,61 \text{ м}$$

Площа однієї чистої розгортки ящика ( $S_{\text{ч}}$ , м<sup>2</sup>):

$$S_{\text{ч}} = L_{\text{заг}} \times B_{\text{заг}} = 1,45 \times 0,61 = 0,8845 \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Річний обсяг випуску продукції у штуках ( $N_{\text{шт}}$ , шт./рік):

$$\begin{aligned} N_{\text{шт}} &= \frac{N_{\text{прогр}}}{S_{\text{ч}}} = \frac{1800000}{0,8845} \\ &= 2035048 \text{ шт./рік} \end{aligned} \quad (2.4)$$

### 2.3.2 Розрахунок потреби в основному матеріалі

При інлайновому способі виробництва технологічні відходи є значно нижчими, ніж при офлайновому, оскільки виключаються проміжні операції перекладання, таскування та ризик пошкодження країв заготовок на міжцехових технологічних зупинках. Відходи виникають переважно на приладку лінії, висікання пазів та вирубку технологічних отворів.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до паспортних та експлуатаційних даних автоматизованого комплексу Pinlong PL-GPFG-1224, сумарний норматив технологічних відходів для всієї лінії становить  $\% \text{відх} = 3,5 \%$ .

Загальна площа гофрокартону, яку треба закупити у постачальників для виконання програми ( $S_{\text{вал}}$ , м<sup>2</sup>/рік):

$$\begin{aligned} S_{\text{вал}} &= N_{\text{прогр}} \times \left(1 + \frac{\% \text{відх}}{100}\right) \\ &= 1800000 \times 1,035 \\ &= 1863000 \text{ м}^2/\text{рік} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Кількість заготовок гофрокартону у листах зважаючи на відходи ( $N_{\text{лист}}$ , шт./рік):

$$\begin{aligned} N_{\text{лист}} &= 2035048 \times 1,035 \\ &= 2106275 \text{ листів}/\text{рік} \end{aligned} \quad (2.6)$$

### 2.3.3 Розрахунок потреби у флексографічній фарбі

Для друку використовуються водно-дисперсійні фарби. Розрахунок ведеться для 4-колірного друку. Середня площа задруковування для транспортної тари (логотипи, маніпуляційні знаки, штрих-коди) становить 30% від загальної площі аркуша (15% припадає на суцільні плашки та 15% – на штрихові елементи й текст).

Норма витрати рідкої водної фарби для крафт-лайнера становить:

- для суцільних плашок:  $q_{\text{п}} = 2,5 \text{ г}/\text{м}^2$  задрукованої площі;
- для тексту та штрихів:  $q_{\text{ш}} = 1,2 \text{ г}/\text{м}^2$  задрукованої площі.

Враховуючи втрати фарби на змивання системи та приладку ( $K_{\text{вт}} = 1,08$ ), річна потреба у фарбі ( $Q_{\text{ф}}$ , кг) розраховується як:

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\phi} = \frac{S_{\text{вал}} \times (S_{\text{задр.п}} \times q_{\text{п}} + S_{\text{задр.ш}} \times q_{\text{ш}}) \times K_{\text{вт}}}{1000} \quad (2.7)$$

де  $S_{\text{задр.п}} = 0,15$  (частка площі плашок);

$S_{\text{задр.ш}} = 0,15$  (частка площі штрихів).

$$Q_{\phi} = \frac{1863000 \times (0,15 \times 2,5 + 0,15 \times 1,2) \times 1,08}{1000}$$

$$= \frac{1863000 \times 0,555 \times 1,08}{1000} \approx 1117 \text{ кг/рік}$$

Розподіл фарби за базовими кольорами тріади (по 25% на кожен колір):

$$Q_{\text{колір}} = \frac{1117}{4} = 279,25 \text{ кг/рік} \quad (2.9)$$

#### 2.3.4 Розрахунок потреби в клеї

На модулі Folder-Gluer лінії Pinlong клей наноситься через комп'ютеризовані електронні форсунки високого тиску на боковий клейовий клапан.

- Довжина лінії склеювання на один ящик дорівнює його висоті ( $H = 300 = 0,3 \text{ м}$ ).
- Норма витрати дисперсійного ПВА-клею для форсункових систем становить  $q_{\text{кл}} = 2,0 \text{ г/пог.м}$  лінії склеювання.
- Коефіцієнт втрат на налаштування системи високого тиску приймаємо  $K_{\text{вт.кл}} = 1,03$ .

Річна потреба в клеї ( $Q_{\text{кл}}$ , кг):

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{кл}} = \frac{N_{\text{шт}} \times L_{\text{шва}} \times q_{\text{кл}} \times \text{Квт. кл}}{1000}$$

$$= \frac{2035048 \times 0,3 \times 2,0 \times 1,03}{1000} \quad (2.10)$$

$$\approx 1258 \text{ кг/рік}$$

### 2.3.5 Розрахунок допоміжних матеріалів

До допоміжних матеріалів дільниці відносяться:

1. Фотополімерні друкарські форми: для модуля PL-GP використовуються форми товщиною 3,9 мм. Заміна форм відбувається в середньому 6 разів на рік через фізичний знос або зміну дизайну замовлень. Площа одного повного комплекту з 4 форм (із врахуванням того, що задруковується 30% площі):  $1,45 \times 0,61 \times 4 \times 0,3 = 1,06 \text{ м}^2$ . Річна потреба включно з технологічним припуском на обрізку пластин становить близько  $8 \text{ м}^2$  фотополімеру.

2. Ротаційні висікальні штанцформи: Оскільки лінія виконує високошвидкісну висічку на циліндричному валу, замість пласких форм використовуються ротаційні штанцформи. Середня тиражостійкість такої форми на бакелітовій чи фанерній основі становить близько 100–120 тис. ударів. Для забезпечення гнучкості асортименту та з урахуванням зносу на рік проектується закупівля 20 ротаційних штанцформ.

3. Стретч-плівка (для пакування транспортних палет із готовою продукцією): норма витрати становить 0,5 кг на одну палету. При висоті палети 1,5 м (вміщує близько 250 плоских склеєних коробів), загальна кількість палет на рік становить:  $2035048 / 250 = 8140$  палет. Потреба в плівці:  $8140 \times 0,5 = 4070 \text{ кг/рік}$ .

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Зведений матеріальний баланс дільниці на базі лінії Pinlong PL-GPFG-1224.

Назва матеріалу	Призначення матеріалу	Одиниця виміру	Річна потреба
Тришаровий гофрокартон Т-22	Основний матеріал	м <sup>2</sup> / листів	1 863 000 / 2 106 275
Водно-дисперсна фарба	Нанесення 4-колірного флексодруку	кг	1 117
Дисперсійний ПВА-клей	Автоматичне склеювання клапана	кг	1 258
Стретч-плівка пакувальна	Фіксація пачок на транспортних палетах	кг	4 070
Фотополімерні пластини (3,9 мм)	Виготовлення друкарських кліше	м <sup>2</sup>	8
Ротаційні штанцформи	Інструмент для секції висічки Die-Cutter	шт.	20

#### 2.4 Технологічні розрахунки

Головною метою технологічних розрахунків є визначення балансу часу роботи обраного обладнання, розрахунок вимаганої кількості одиниць устаткування для виконання річної виробничої програми (1,8 млн м<sup>2</sup> готової продукції) та визначення коефіцієнтів завантаження машин дільниці.

##### 2.4.1 Розрахунок річного фонду часу роботи обладнання

Для проектуємої дільниці друку та обробки гофрокартону приймається п'ятиденний робочий тиждень із двома робочими змінами тривалістю по 8 годин кожна.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання ( $F_{ном}$ , годин) розраховується за формулою:

$$F_{ном} = (365 - \text{Виз} - \text{Св}) \times t_{зм} \times n_{зм} \quad (2.11)$$

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 365 – кількість календарних днів у році;

$V_{из}$  – кількість вихідних днів на рік (104 дні);

$C_{в}$  – кількість святкових днів на рік (11 днів);

$t_{зм}$  – тривалість однієї робочої зміни (8 годин);

$n_{зм}$  – кількість змін роботи обладнання на добу (2 зміни).

$$F_{ном} = (365 - 104 - 11) \times 8 \times 2 = 250 \times 16 \\ = 4000 \text{ годин/рік}$$

Ефективний річний фонд часу роботи обладнання ( $F_{еф}$ , годин) враховує планові технологічні зупинки на проведення профілактичних оглядів, планово-попереджувальних ремонтів (ППР) та обслуговування інструментів. Нормативні втрати часу для автоматизованого обладнання Pinlong складають близько 5% ( $\alpha = 5\%$ ).

$$F_{еф} = F_{ном} \times \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) = 4000 \times \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \\ = 4000 \times 0,95 = 3800 \text{ годин/рік} \quad (2.12)$$

#### 2.4.2 Розрахунок завантаження та необхідної кількості обладнання

Для розрахунку сумарного часу, потрібного для виконання програми, враховується час на безпосередній друк чи обробку тиражу ( $T_{тип}$ ) та час на підготовчо-приладочні роботи при зміні замовлень ( $T_{прил}$ ).

За даними відділу маркетингу пакувального підприємства, середня тиражність одного замовлення складає  $N_{сер} = 5\,000$  штук коробок.

Загальна кількість замовлень (переналагоджень) на рік ( $K_{зам}$ , шт.) складатиме:

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{зам}} = \frac{N_{\text{шт}}}{N_{\text{сер}}} = \frac{2035048}{5000} = 407 \text{ замовлень/рік} \quad (2.13)$$

Розрахунок параметрів для автоматичної лінії Pinlong PL-GPFG-1224:

Паспортна швидкість лінії становить до 200 аркушів/хв (12 000 шт./год). З огляду на необхідність забезпечення високої якості суміщення кольорів 4-колірного друку, геометрії фальцювання та часу на пакування пачок, середня експлуатаційна швидкість лінії приймається на рівні  $V_{\text{екс}} = 6500$  шт./годину.

Завдяки повній комп'ютеризації лінії, сервоприводам та автоматичному налаштуванню слоттерних ножів і напрямних пасів фальцювальника з пульта керування, час на одну комплексну приладку всієї лінії становить  $t_{\text{прил}} = 0,4$  години (24 хвилини).

Річний час на друк тиражів ( $T_{\text{тир}}$ , годин):

$$T_{\text{тир}} = \frac{N_{\text{лист}}}{V_{\text{екс}}} = \frac{2106275}{6500} = 324,0 \text{ годин} \quad (2.14)$$

Річний час на підготовку та приладку ( $T_{\text{прил}}$ , годин):

$$\begin{aligned} T_{\text{прил}} &= K_{\text{зам}} \times t_{\text{прил}} = 407 \times 0,4 \\ &= 162,8 \text{ год} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Сумарний необхідний час роботи друкарської машини ( $T_{\text{необх}}$ , годин):

$$\begin{aligned} T_{\text{необх}} &= T_{\text{тир}} + T_{\text{прил}} = 324,0 + 162,8 \\ &= 486,8 \text{ год} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Розрахункова кількість друкарських машин ( $M_{\text{розр}}$ , шт.):

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{розр} = \frac{T_{необх}}{F_{еф}} = \frac{486,8}{3800} = 0,128 \quad (2.17)$$

Приймаємо до встановлення 1 автоматичну інлайн-лінію Pinlong PL-GPFG-1224 ( $M_{вст} = 1$  шт.).

Коефіцієнт завантаження обладнання ( $K_{зав.др}$ ):

$$K_{зав.др} = \frac{M_{розр}}{M_{вст}} = \frac{0,128}{1} = 0,128 \text{ (або 12,8\%)} \quad (2.18)$$

Таблиця 2.4 – Показники роботи та завантаження обладнання проєктуємої ділянки.

Марка та найменування обладнання	Річна програма обробки	Ефективний фонд часу, год	Необхідний час на програму, год	Кількість обладнання розр. / вст.	Коефіцієнт завантаження, %
Автоматична інлайн-лінія Pinlong PL-GPFG-1224	2 106 275 листів	3800	486,8	0,128 / 1	12,8%

#### 2.4.3 Аналіз використання та режимів роботи проєктованого обладнання в реальних умовах виробництва

Проведені вище технологічні розрахунки за стандартною методикою (виходячи з номінального двосмінного графіка роботи цеху) показують, що обрана високопродуктивна автоматизована лінія Pinlong PL-GPFG-1224 має низький розрахунковий коефіцієнт завантаження ( $K_{зав} = 12,8\%$ ). У реальних умовах нинішнього пакувального бізнесу цей показник не є ознакою неефективності, а обумовлений дискретно-тиражним характером функціонування ділянки та специфікою логістичних процесів.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Впровадження даного обладнання в межах проекту передбачає гнучкий, циклічний режим експлуатації, що базується на наступних організаційно-технологічних принципах:

1. Дискретно-сезонний характер завантаження. Виробництво гофротари обсягом 1,8 млн м<sup>2</sup>/рік для регіонального ринку не є безперервним процесом. Замовлення від підприємств-споживачів надходять пулами або мають сезонні коливання. Лінія Pinlong включається в роботу дискретно – суворо для оперативного відпрацювання конкретного пакета замовлень. Завдяки високій швидкості (до 200 аркушів/хв), лінія здатна виконати місячний обсяг плану за кілька робочих змін, що мінімізує витрати електроенергії та знос рухомих частин машини в інший час.

2. Часова ємність додрукарської підготовки. Ефективному запуску флексодрукарського модуля лінії передують тривалі комплексні підготовчі роботи, який не відображається у безпосередньому часі роботи верстата (T<sub>тип</sub>). Сюди належать: узгодження конструкції та дизайну з клієнтом, виготовлення або замовлення комплектів фотополімерних кліше та ротаційних штанцівформ, складний процес синтезу та доведення водно-дисперсійних фарб колористом під заданий еталон кольору за системою Pantone.

3. Раціональна організація праці та суміщення професій. Для виключення простою персоналу та оптимізації фонду оплати праці на проєктуємій дільниці впроваджується система крос-функціональних обов'язків. Робоча бригада лінії не є ізольованими робітниками. У періоди, коли лінія Pinlong не задіяна, персонал виконує роботу на інших дільницях підприємства. Наприклад, здійснюється обслуговування цифрового друкарського устаткування для малих накладів, плотерного нарізання зразків, робота на дільниці переробки браку або проведення планово-профілактичних ремонтів.

Тому закладений у проєкті надлишковий потенціал лінії Pinlong PL-GPFG-1224 є стратегічним інвестиційним рішенням. Воно повністю усуває проблему «вузького місця» на стадії обробки, дозволяє підприємству виконувати термінові замовлення клієнтів «день-у-день» та забезпечує можливість безперешкодного

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нарощування ринкової частки підприємства без потреби реінвестування у нове обладнання протягом наступних 5–7 років.

## 2.5 Ресурсозбереження і матеріалоемність проектного виробництва

Впровадження передових технологічних рішень на базі автоматизованої інлайн-лінії Pinlong PL-GPFG-1224 дозволяє комплексно реалізувати стратегію ресурсозбереження, зниження матеріалоемності та мінімізації екологічного навантаження на довкілля [11, 21]. Поєднання процесів флексодруку, висікання, фальцювання та склеювання в один безперервний потік усуває потребу в проміжній міжцеховій логістиці, що само по собі зменшує технологічні втрати напівфабрикатів.

Ресурсозбереження на проєктуємій ділянці досягається завдяки оптимізації використання основного матеріалу, раціональному дозуванню хімічних компонентів та впровадженню енергоефективних систем керування.

### 2.5.1 Оптимізація витрат та зниження матеріалоемності гофрокартону

Гофрований картон є базовим і найдорожчим компонентом у собівартості готової тари, тому мінімізація його відходів є пріоритетним завданням. На лінії Pinlong PL-GPFG-1224 це реалізується за допомогою таких інженерних рішень:

1. Комп'ютеризована система автоматичного налаштування: Пам'ять системи зберігає профілі понад 1000 технологічних замовлень. При зміні тиражу сервоприводи автоматично виставляють слоттерні ножі, напрямні паси та друкарські вали під задані геометричні параметри розгортки ящика. Це дозволяє здійснювати приладку практично з першого аркуша, повністю усуваючи масовий брак гофрокартону, який зазвичай виникає при ручному регулюванні обладнання.

2. Точність ротаційного висікання та слоттування: Висока жорсткість конструкції секції Die-Cutter та механічна точність слоттерного модуля забезпечують суворе дотримання допусків. Це мінімізує ризик утворення геометричного браку (косина крою, невідповідність клапанів), який призводить до відбраковування готових ящиків на стадії фальцювання.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Ефективна утилізація технологічних відходів: Обрізки гофрокартону, що утворюються під час прорізання пазів та вирубки ручок, не накопичуються в робочій зоні. Вони автоматично скидаються на інтегрований підлоговий стрічковий транспортер, розташований під лінією, і транспортуються до кіпувального преса. Отримані макулатурні кіпи на 100% повертаються на заводи-виробники гофрокартону для повторного розпуску та рециклінгу, що забезпечує безвідхідний замкнений цикл виробництва [21, 36].

### 2.5.2 Раціональне використання хімічних компонентів

Зниження матеріалоємності допоміжних матеріалів (фарби та клею) базується на точному мікродозуванні та захисті хімічних речовин від деградації:

1. Застосування камер-ракельних систем у флексомодулях: Секції друку лінії Pinlong оснащені закритими камер-ракельними системами. Герметичний контур циркуляції водно-дисперсійної фарби запобігає її контакту з повітрям у зоні анілоксового вала. Це повністю ліквідує проблему випаровування розчинника та утворення поверхневої плівки, що раніше призводило до перевитрати фарби та потреби в її частому розведенні. Крім того закрита система значно зменшує об'єм води, обов'язкової для промивання кювет при переході на інший колір Pantone, мінімізуючи обсяги рідких промислових стоків.

2. Форсункове нанесення клею високого тиску: На модулі Folder-Gluer замість традиційних клейових дискових ванн відкритого типу встановлено комп'ютеризовану електронну форсункову систему (систему безконтактного клейового нанесення). Клей ПВА подається під тиском через форсунки строго регламентованими мікроштрихами безпосередньо на рухомий клейовий клапан заготовки. Це забезпечує:

- Зменшення витрати клею на 25–30% за рахунок виключення надлишкової товщини клейового шару;
- Повну відсутність ефекту розбризкування клею на високих швидкостях лінії, що захищає обладнання від забруднення і знижує витрати на миючі засоби.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.5.3 Енергозбереження та енергоефективність обладнання

Лінія Pinlong розроблена згідно з суворими міжнародними стандартами енергоефективності, що дозволяє суттєво знизити питоме споживання електроенергії на одиницю готової продукції [33, 43]:

1. Частотно-регульовані електроприводи: Усі головні та допоміжні двигуни лінії (вакуумний транспорт, приводи валів, вентилятори видалення обрізків) оснащені індивідуальними частотними перетворювачами. Енергоспоживання двигунів динамічно підлаштовується під поточну експлуатаційну швидкість лінії (6500 шт./год). Коли машина працює в режимі завантаження або приладки на низьких обертах, споживання енергії пропорційно знижується, виключаючи роботу двигунів на максимальній потужності «вхолосту».

2. Імпульсні інфрачервоні (ІЧ) сушильні пристрої: Для швидкого закріплення водно-дисперсійних фарб між друкарськими секціями встановлені енергоощадні ІЧ-сушки. Вони мають інтегровані датчики оптичного контролю наявності аркуша. Нагрівальні елементи працюють в імпульсному режимі – активуються лише в момент проходження заготовки гофрокартону під лампою. Під час технологічних зупинок, пауз або переналагодження лінії сушильні модулі миттєво переходять в ощадний режим Standby, що економить до 40% електричної енергії порівняно із сушками постійної дії.

3. Загальна оптимізація виробничих площ: Оскільки інлайн-лінія компактно поєднує в собі весь фінішний цикл обробки, сумарна площа, яку вона займає в цеху, є значно меншою, ніж для набору роздільних верстатів. Це дозволяє суттєво скоротити витрати підприємства на опалення, вентиляцію та загальне освітлення виробничого приміщення дільниці в осінньо-зимовий період.

Використання автоматизованого інлайн-комплексу Pinlong PL-GPFG-1224 забезпечує відповідність проєктуємої дільниці новітніх вимогам «зеленого виробництва», де висока продуктивність поєднується з жорсткою економією сировинних та енергетичних ресурсів.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Компоновка обладнання дільниці

Компоновка технологічного обладнання проєктуємої дільниці виконана відповідно до вимог чинних будівельних і санітарних норм (ДБН), правил охорони праці, а також з урахуванням специфіки інлайн-лінії Pinlong PL-GPFG-1224 [4, 32]. Головною метою раціонального розміщення устаткування є забезпечення прямого руху матеріалу, мінімізація виробничої площі, створення безпечних умов праці для бригади та забезпечення зручного доступу до всіх вузлів машини для їх обслуговування та ремонту.

### 2.6.1 Загальні принципи просторового розміщення лінії

Для проєктуємої дільниці прийнято лінійне поздовжнє розташування обладнання. Весь комплекс модулів лінії Pinlong єдиним габаритним ланцюгом витягнутий уздовж основного технологічного потоку. Таке рішення повністю виключає петляння, зворотні або перехресні рухи напівфабрикатів, що є критично важливим для запобігання пошкодженню країв та профілю гофрокартону.

Напрямок руху технологічного потоку прийнято зліва направо: від зони завантаження чистих заготовок гофрокартону до зони виходу готових, підрахованих та зв'язаних пачок ящиків.

Оскільки лінія Pinlong PL-GPFG-1224 має модульну архітектуру з можливістю розсування секцій, її розміщення у цеху підпорядковане наступним просторовим вимогам:

1. Операторська сторона (сторона обслуговування): Звернена до основного центрального проходу цеху. З цього боку розташовані головні пульти керування з сенсорними дисплеями (НМІ), системи регулювання подачі фарби та вікна візуального контролю процесу.

2. Приводна (тилова) сторона: Звернена до стіни цеху з дотриманням нормативного технологічного розриву для проведення регламентних ремонтно-механічних робіт.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6.2 Послідовність розташування технологічних модулів у лінії

У межах загальної інлайн-компоновки обладнання розташоване у суворій послідовності виконання операцій технологічного процесу:

1. Секція автоматичної вакуумно-роликової подачі (Feeder): На початковій точці лінії здійснюється завантаження стопи листів гофрокартону. Секція оснащена системою подачі по передній кромці (Lead Edge Feeder) та потужними вакуумними аспіраторами для очищення листів від паперового пилу.

2. Чотири друкарські секції флексографічного друку (Flexo Printing Units): Розташовані послідовно одна за одною для послідовного нанесення фарб тріади або системи Pantone. Верхнє розташування друкарського вала дозволяє наносити малюнок на лицьову сторону ящика. Між секціями передбачено просторові розриви під інтегровані імпульсні ІЧ-сушки.

3. Просічно-різальна секція (Slotter): Приймає задрукований лист. Оснащена комп'ютеризованими парами валів зі слоттерними ножами для прорізання пазів, формування клапанів ящика та зрізання клейового клапана.

4. Секція ротаційного висікання (Die-Cutter): Модуль із циліндричним валом для кріплення штанцформ та поліуретановим бандажним валом. Використовується для вирубки точних технологічних отворів, які неможливо виконати лінійними ножами слоттера.

5. Фальцювально-склеювальний модуль (Folder-Gluer): Нижній транспортний ремінь приймає плоску розгортку. Комп'ютеризована електронна форсунка наносить клей на клейовий клапан, після чого за допомогою лівих та правих напрямних пасів із градаційним кутом нахилу відбувається точне фальцювання розгортки в об'ємну конструкцію.

6. Лічильник-ежектор (Counter Ejector): Фінішна секція, де склеєні коробки накопичуються знизу, підраховуються електронними датчиками, формуються у пачки заданої кількості (наприклад, по 10, 20 або 25 штук) і автоматично виштовхуються на приймальний транспортер.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.6.3 Технологічні проходи, зони обслуговування та безпеки

Важливою інженерною особливістю лінії Pinlong є те, що друкарські, слоттерні та висікальні секції встановлені на спеціальних підлогових рейкових напрямних і оснащені моторизованим приводом розсування. При необхідності заміни друкарських форм, очищення анілоксових валів або монтажу ротаційних штанцформ секції розсуваються, утворюючи між собою проходи завширшки 600–800 мм.

Враховуючи цю конструктивну специфіку, при компонованні дільниці закладені такі нормативні просторові параметри:

- Прохід з операторської сторони лінії: Прийнято завширшки 2,5 метра. Цей простір є робочою зоною операторів та зоною для підкату мобільних візків із підготовленими флексоформами і інструментом.
- Відстань від приводної сторони до стіни/колон цеху: Становить 1,5 метра. Цей прохід призначений виключно для технічного персоналу (електриків, механіків) для доступу до шаф керування, систем змащення та приводних редукторів.
- Зона завантаження: Запроектовано вільний майданчик розміром 4,0 × 4,0 метри. Тут організовано зону накопичення буферного запасу заготовок гофрокартону на палетах, що забезпечує безперебійну роботу лінії протягом 2-х годин. Палети доставляються гідравлічними роклами або навантажувачами.
- Зона вивантаження: Безпосередньо до виходу з лінії примикає приводний роликівий конвеєр, який транспортує готові пачки до напівавтоматичної обв'язувальної машини та палетообмотувальника. Площа цієї вихідної логістичної зони становить 5,0 × 4,5 метри.

### 2.6.4 Організація збору відходів при компоновці

Під секціями слоттера та ротаційної висічки у підлозі цеху проектується наскрізний технологічний проріз, під яким монтується нижній стрічковий конвеєр для збору обрізків. При такій заглибленій компоновці всі відходи гофрокартону під дією сили тяжіння автоматично падають на підлоговий конвеєр і виводяться

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за межі дільниці в зону пресування, не захаращуючи проходи цеху та зону обслуговування лінії.

## 2.7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Організація охорони праці, техніки безпеки, промислової санітарії та пожежної безпеки на проєктуємій дільниці обробки гофрокартону розроблена у суворій відповідності до Закону України «Про охорону праці», «Правил охорони праці для підприємств поліграфічної промисловості» (НПАОП 22.1-1.02-07), а також базових положень з безпеки виробничих процесів [35, 32, 20].

Інлайн-лінія Pinlong PL-GPFG-1224 є високоавтоматизованим комплексом, що значно знижує частку ручної праці, але високі швидкості руху картону та наявність специфічних технологічних вузлів все одно вимагають жорсткого контролю небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

### 2.7.1 Виробнича санітарія та гігієна праці

Для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності та збереження здоров'я робочої бригади лінії Pinlong на дільниці реалізуються заходи щодо підтримки нормативних параметрів робочого середовища:

1. Мікроклімат виробничих приміщень: Робота обслуговуючого персоналу лінії за ступенем важкості належить до категорії Па (середньої важкості). Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, у робочій зоні цеху в теплий період року температура повітря має становити 20–25 °С (відносна вологість 40–60%), а в холодний період – 18–22 °С.

2. Вентиляція та аспірація: Лінія оснащена інтегрованою системою видалення відходів, але над секцією автоматичної подачі, де утворюється паперовий пил, в зоні безконтактного нанесення клею ПВА та міжсекційними ПЧ-сушками проєктується загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

3. Виробниче освітлення: На дільниці передбачено суміщене освітлення. Робота з контролю якості флексодруку та точності висічки належить

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до розрядів високої точності. Загальне штучне освітлення проєктується за допомогою світлодіодних світильників із рівнем освітленості не менше 300–500 лк на робочих поверхнях, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018. Додатково сама лінія Pinlong має вбудоване локальне низьковольтне LED-освітлення всередині кожної секції для безпечного проведення налагоджувальних робіт.

4. Шум і вібрація: Основними джерелами шуму є слоттерні ножі, секція ротаційної висічки та компресор системи подачі клею під тиском. Для захисту персоналу та дотримання норм ДСН 3.3.6.037-99 стани лінії встановлені на віброізолюючих фундаментах, а приводні шестерні закриті масляними ваннами з шумопоглинаючими кожухами. При перевищенні еквівалентного рівня шуму понад 80 дБА персонал забезпечується індивідуальними протишумними навушниками або вкладишами.

#### 2.7.2 Техніка безпеки при експлуатації лінії Pinlong PL-GPFG-1224

Специфіка компоновки інлайн-лінії (модульна архітектура з секціями, що розсуваються по рейках) формує перелік специфічних вимог до техніки безпеки:

1. Механічна безпека (захист від рухомих частин): Усі зони обертання валів та зона дії слоттерних і висікальних ножів закриті суцільними захисними металевими відкидними кожухами. Кожухи оснащені кінцевими електромагнітними вимикачами. При спробі відкрити кожух під час роботи лінії автоматика миттєво зупиняє головний привід. Оскільки секції розсуваються для обслуговування, по всій довжині лінії на рівні підлоги встановлені оптичні датчики та механічні бампери безпеки. Якщо у просторі між розсунутими секціями перебуває людина, моторизований привід зсуву секцій блокується і запуск машини стає неможливим.

2. Система аварійної зупинки: На кожному технологічному модулі (Feeder, Flexo, Slotter, Die-Cutter, Folder-Gluer, Counter Ejector) у легкодоступних місцях встановлені червоні грибоподібні кнопки аварійної зупинки «Emergency Stop». Натискання будь-якої з них призводить до повного знеструмлення приводів лінії [33]. Перед кожним пуском лінії автоматично подається гучний попереджувальний звуковий сигнал тривалістю 3–5 секунд.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Електробезпека: Електрообладнання лінії розраховане на трифазну мережу змінного струму. Шафи керування, станини всіх секцій та пульти мають надійне захисне заземлення (опір контуру не більше 4 Ом) відповідно до ДСТУ EN 60204-1:2019. Корпуси електронних пультив мають клас захисту не нижче IP54 для запобігання потраплянню всередину вологи під час замивання друкарських секцій.

### 2.7.3 Пожежна безпека дільниці

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007, проєктуєма дільниця з обробки гофрокартону за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії В, а зона за ПУЕ – до пожежонебезпечного класу П-Па (наявність горючих твердих речовин у вигляді палет із картоном, готової тари та паперового пилу) [31].

Для запобігання пожежам та захисту майна впроваджуються такі заходи:

- Локалізація джерел запалювання: Заборона використання відкритого вогню; застосування світильників у закритому виконанні; щозмінне очищення дільниці від паперових обрізків та пилу.
- Особливості ІЧ-сушок: Інфрачервоні сушильні лампи міждрукарського закріплення фарби є джерелом високої температури. Вони синхронізовані з датчиком руху листа: при зупинці стрічки транспортера лампи миттєво вимикаються автоматикою, щоб унеможливити загоряння нерухомого листа гофрокартону під ними [43].
- Первинні засоби пожежогасіння: Дільниця комплектується пожежними щитами, вуглекислотними (ВВ-5) та порошковими (ВП-5) вогнегасниками, до того ж підключається до внутрішнього пожежного водопроводу цеху.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.7.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях (НС)

Безпека персоналу в умовах виникнення НС техногенного, природного або воєнного характеру регламентується загальнодержавними інструкціями з цивільного захисту.

1. Дії при аварійних ситуаціях на обладнанні: При виявленні сторонніх звуків, вібрацій, витоку клею чи фарби, або спалаху в зоні ПЧ-сушки оператор зобов'язаний негайно натиснути кнопку «Emergency Stop», знеструмити головний рубильник шафи керування та викликати чергову ремонтну бригаду.

2. Евакуація персоналу: Шляхи евакуації з ділянки проєктуються вільними від зашарування палетами. Ширина проходів з операторської сторони лінії (2,5 м) забезпечує безперешкодний вихід людей. Напрямок руху до евакуаційних виходів позначається світловими табло із автономним живленням.

3. Організація цивільного захисту: Весь персонал ділянки проходить обов'язкові регулярні інструктажі та тренування щодо дій за сигналами оповіщення цивільного захисту, правил швидкої зупинки обладнання перед виходом в укриття та надання першої домедичної допомоги потерпілим [20, 40].

## 2.8 Охорона навколишнього середовища

Проектowana ділянка друку на гофрокартоні розробляється з урахуванням суворих вимог екологічної безпеки, раціонального природокористування та мінімізації антропогенного впливу на довкілля відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [36]. Завдяки використанню сучасної інлайн-лінії Pinlong PL-GPFG-1224 та технології друку водно-dispersion фарбами, виробництво належить до категорій із низьким рівнем екологічного ризику, проте вимагає контролю за трьома основними напрямками [21].

### 2.8.1 Захист атмосферного повітря від забруднення

Основною перевагою водно-дисперсійних флексографських фарб є відсутність у їхньому складі токсичних органічних розчинників (толуолу, ксилолу, спиртів), які використовуються у глибокому чи ротогравюрному друці

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[1, 3]. Головними компонентами, що виділяються в атмосферу цеху та довкілля під час міжколірного та фінального сушіння відбитків гарячим повітрям (50–65 °С), є водяна пара, а також незначна кількість летких лужних стабілізаторів (аміаку або летких амінів), що забезпечують розчинність акрилових смол у фарбі [2, 7].

Для запобігання перевищенню гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих речовин у повітрі робочої зони, над зонами сушіння та друкарськими секціями лінії Pinlong передбачено локальні парасолі витяжної вентиляції відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 [30]. Повітря з локальних систем очищується у пилогазовловлювальних фільтрах перед викидом в атмосферу через вентиляційну трубу, що забезпечує повне дотримання вимог Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [38].

#### 2.8.2 Очищення та відведення виробничих стічних вод

Найбільш критичним екологічним вузлом у флексографському виробництві є утворення рідких відходів під час технологічного замивання друкарських секцій (при заміні кольору фарби за системою Pantone або по завершенню робочої зміни), а також при промиванні клейових форсунок вузла Folder-Gluer. Смивні води містять залишки пігментів, акрилових сполучних речовин, піногасників та полівінілацетатного (ПВА) клею.

Пряме скидання таких стоків у загальноміську каналізаційну мережу суворо заборонено. На проєктуємій ділянці передбачено замкнуту (оборотну) систему локального очищення стічних вод [21]. Технологічні змиви збираються в акумулюючий резервуар, де піддаються хімічній коагуляції та флокуляції. В результаті реакції пігменти та смоли випадають у щільний осад (шлам), а очищена вода фільтрується і повертається назад у техпроцес для первинного миття анілоксових валів та форм. Зневоднений осад збирається в герметичну тару і передається на утилізацію.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.8.3 Поводження з твердими промисловими відходами

Технологічний процес виготовлення гофроящиків супроводжується утворенням таких видів твердих відходів [6, 25]:

- Технологічні обрізки (шліци, клапани, висічка ручок та отворів): утворюються на слоттерному та ротаційному модулях лінії Pinlong. Вони належать до екологічно безпечних відходів (макулатура). Як зазначено у розрахунках компонування, під лінією проєктується заглиблений стрічковий конвеєр, який автоматично збирає обрізки й транспортує їх до прес-пакувальника. Спресовані стоси макулатури на 100% повертаються на паперові комбінати для вторинного рециклінгу, що забезпечує принципи безвідхідного екологічного виробництва [16, 37].

- Небезпечні та специфічні відходи: використана дерев'яна та пластикова тара з-під фарб та клею, зношені фотополімерні друкарські кліше, а також обтиральне ганчір'я, забруднене залишками фарби. Ці відходи збираються окремо у спеціальні марковані контейнери у зоні допоміжних складів і, відповідно до Закону України «Про управління відходами», регулярно передаються за договором спеціалізованим підприємствам, що мають ліцензію на їх детоксикацію або спалювання [37].

### 2.9 Техніко-економічні розрахунки дільниці

Метою техніко-економічних розрахунків є визначення потреби проєктуємої дільниці в основних виробничих ресурсах та узагальнення показників ефективності використання впроваджуваного автоматизованого комплексу Pinlong PL-GPFG-1224. Розрахунки виконано за галузевими методичними рекомендаціями з економіки та організації поліграфічного виробництва [12, 15].

#### 2.9.1 Розрахунок чисельності виробничого персоналу

Оскільки проєктуєма інлайн-лінія Pinlong об'єднує в собі всі операції друку та фінішної обробки, відпадає необхідність в утриманні окремих бригад для різних верстатів. Чисельність робітників визначається на основі нормативів

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обслуговування агрегату та прийнятого дискретно-тиражного режиму роботи [15].

Для обслуговування лінії Pinlong PL-GPFG-1224 формується одна комплексна робоча бригада у складі:

- Друкар флексографічного друку (старший оператор лінії, 5-й розряд) – 1 особа;
- Оператор слоттерного та висікального модулів (4-й розряд) – 1 особа;
- Приймальник-пакувальник (оператор лічильника-ежектора та страппінг-машини, 3-й розряд) – 1 особа.

Явочна чисельність робітників в одну зміну становить 3 особи. Враховуючи, що лінія покриває річну програму за рахунок високої продуктивності в межах однозмінного графіка (як обґрунтовано в підрозділі 2.4.3), штатна чисельність персоналу дільниці з урахуванням коефіцієнта підміни на час відпусток та лікарняних ( $K_{сп} = 1,1$ ) становить:

$$\begin{aligned} \text{Ршт} &= \text{Ряв} \times K_{сп} = 3 \times 1,1 = 3,3 \\ &\approx 3 \text{ особи} \end{aligned} \tag{2.19}$$

Додатково до штату дільниці залучається 1 колорист-технолог (за сумісництвом для контролю якості фарби) та 1 наладчик поліграфічного обладнання (за викликом). Таким чином, автоматизація процесу дозволяє мінімізувати фонд оплати праці.

### 2.9.2 Розрахунок виробничої площі

Виробнича площа дільниці ( $S_{д\text{іл}}$ ) повинна забезпечувати раціональне розміщення основного технологічного устаткування, безпечні проходи для обслуговуючого персоналу, а також необхідні площі для організації приреєкових

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

логістичних зон (накопичення заготовок та відвантаження готової продукції) відповідно до вимог ДБН.

Для об'єктивного визначення площі великого інлайн-комплексу Pinlong PL-GPFG-1224 використано метод аналітично-геометричного розрахунку на основі просторових параметрів, які закладені та детально описані у підрозділі 2.6.3.

Загальна проектована ширина виробничої дільниці ( $W_{\text{діл}}$ , м) розраховується за формулою:

$$W_{\text{діл}} = W_{\text{маш}} + W_{\text{обсл}} + W_{\text{прив}} \quad (2.20)$$

де  $W_{\text{маш}}$  – власна габаритна ширина інлайн-лінії за паспортними даними, що становить 4,5 м;

$W_{\text{обсл}}$  – ширина нормативного проходу та зони обслуговування з операторської сторони лінії, яка прийнята на рівні 2,5 м;

$W_{\text{прив}}$  – відстань від приводної сторони лінії до стіни або колон цеху для проведення сервісних робіт, яка прийнята на рівні 1,5 м.

$$W_{\text{діл}} = 4,5 + 2,5 + 1,5 = 8,5 \text{ м}$$

Загальна проектована довжина виробничої дільниці ( $L_{\text{діл}}$ , м) вздовж технологічного потоку розраховується за формулою:

$$L_{\text{діл}} = L_{\text{маш}} + L_{\text{зав}} + L_{\text{вив}} \quad (2.21)$$

де  $L_{\text{маш}}$  – власна довжина лінії Pinlong разом із розсувними секціями та приймальним модулем, що становить 24,5 м;

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L_{\text{зав}}$  – лінійний розмір зони завантаження та буферного накопичення заготовок гофрокартону, прийнятий 4,0 м (для майданчика накопичення розміром 4,0 на 4,0 метри);

$L_{\text{вив}}$  – лінійний розмір вихідної логістичної зони для вивантаження, обв'язки та палетообмотування, прийнятий 5,0 м (для кінцевого майданчика розміром 5,0 на 4,5 метри).

$$L_{\text{діл}} = 24,5 + 4,0 + 5,0 = 33,5 \text{ м}$$

Таким чином, повна виробнича площа ділянки флексографічного друку та виготовлення коробів за точним геометричним розрахунком становить:

$$\begin{aligned} S_{\text{діл}} &= L_{\text{діл}} \times W_{\text{діл}} = 33,5 \times 8,5 \\ &= 284,75 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (2.22)$$

Для перевірки отриманих результатів та врахування додаткових елементів загальноцехової інфраструктури (локальних щитів енергозабезпечення, трас автоматичного збору відходів під підлогою) застосуємо метод коефіцієнта заставлення (вигулу):

$$S_{\text{діл}} = S_{\text{суст}} \times K_{\text{виг}} \quad (2.23)$$

де  $S_{\text{суст}}$  – сумарна чиста площа, яку безпосередньо займає геометричний контур лінії за паспортом ( $24,5 \times 4,5 = 110,25 \text{ м}^2$ );

$K_{\text{виг}}$  – інтегральний коефіцієнт вигулу. Для великих автоматизованих інлайн-ліній із розвиненими торцевими зонами логістики та буферизації сировини, цей коефіцієнт за галузевими нормами приймається в межах 2,4 – 2,7.

Фактичний коефіцієнт вигулу для проектованої ділянки становить:

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Квиг = 284,75 / 110,25 = 2,58$$

Отримане значення 2,58 повністю відповідає чинним нормам технологічного проектування підприємств із виробництва картонної упаковки.

З урахуванням будівельної сітки колон та архітектурних модулів промислового корпусу, остаточно приймаємо загальну робочу площу виробничої ділянки рівною 285 м<sup>2</sup>. Така площа є оптимально збалансованою: вона повністю виключає захаращення цеху палетами, гарантує абсолютну безпеку бригади під час розсування мобільних секцій лінії та забезпечує високу ергономіку всіх логістичних операцій.

### 2.9.3 Розрахунок споживання електроенергії

Витрати електроенергії силовими установками ділянки ( $W_{ел}$ , кВт·год) за рік визначаються виходячи зі встановленої потужності електродвигунів та ІЧ-сушок, а також фактичного часу роботи лінії під навантаженням:

$$W_{ел} = P_{вст} \times T_{факт} \times K_{сп} \times K_3 \quad (2.24)$$

де  $P_{вст}$  – загальна встановлена потужність лінії Pinlong PL-GPFG-1224 (включаючи сушильні модулі) – 135 кВт;

$T_{факт}$  – фактичний час роботи лінії для виконання програми (включаючи час друку тиражів  $T_{тир} = 324$  год та час на технологічні приладки/налаштування, що сумарно становить близько 450 год/рік);

$K_{сп}$  – коефіцієнт споживання потужності ( $K_{сп} = 0,7$ );

$K_3$  – коефіцієнт завантаження за потужністю з урахуванням імпульсного режиму ІЧ-сушок ( $K_3 = 0,6$ ).

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{ел} = 135 \times 450 \times 0,7 \times 0,6$$

$$= 25515 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Завдяки автоматичному вимкненню сушок під час пауз та енергоефективним інверторам, питоме споживання енергії на 1 м<sup>2</sup> готової продукції є мінімальним.

#### 2.9.4 Розрахунок капітальних інвестицій (CAPEX)

Капітальні витрати охоплюють ринкову вартість основної інлайнової технологічної лінії Pinlong PL-GPFG-1224, її транспортування, митне оформлення, підготовку фундаменту, монтаж та пусканалагоджувальні роботи. Загальний обсяг капітальних інвестицій ( $K_{заг}$ ) визначається за формулою:

$$K_{заг} = C_{обл} + V_{транс} + V_{монт} \quad (2.25)$$

де  $C_{обл}$  – контрактна вартість лінії Pinlong PL-GPFG-1224 (орієнтовно 8 000 000 грн);

$V_{транс}$  – витрати на логістику, страхування та митне оформлення (прийmemo 10 % від вартості – 800 000 грн);

$V_{монт}$  – витрати на шеф-монтаж, облаштування промислового фундаменту дільниці та пусканалагодження (5 % від вартості – 400 000 грн).

$$K_{заг} = 8\,000\,000 + 800\,000 + 400\,000$$

$$= 9\,200\,000 \text{ грн}$$

#### 2.9.5 Розрахунок поточних витрат (OPEX) та собівартості продукції

Поточні експлуатаційні витрати проєктуємої дільниці складаються з вартості основної сировини, заробітної плати персоналу, амортизаційних відрахувань, енергоресурсів та загальновиробничих витрат.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Витрати на основні та допоміжні матеріали ( $V_{\text{мат}}$ ): Виходячи з поточної середньої вартості тришарового гофрокартону (~15,50 грн за  $\text{м}^2$ ) та витрат флексофарби і клею на річну програму 1,8 млн  $\text{м}^2$ , сумарні витрати на матеріали складуть 28 800 000 грн/рік.

2. Витрати на оплату праці з нарахуваннями ( $V_{\text{зп}}$ ): Для штату виробничої бригади у кількості 3 осіб із середньою заробітною платою 25 000 грн/місяць річний фонд оплати праці (ФОП) складе:  $3 \times 25\,000 \times 12 = 900\,000$  грн. Нарухування на заробітну плату (ЄСВ 22 %):  $900\,000 \times 0,22 = 198\,000$  грн. Разом: 1 098 000 грн/рік.

3. Амортизаційні відрахування ( $A$ ): При лінійному методі нарахування амортизації (10 % річних від загальних CAPEX):  $9\,200\,000 \times 0,10 = 920\,000$  грн/рік.

4. Витрати на електроенергію ( $V_{\text{ел}}$ ): За промисловим тарифом 8,0 грн за кВт·год для розрахованого обсягу споживання 25 515 кВт·год:  $25\,515 \times 8,0 = 204\,120$  грн/рік.

5. Загальновиробничі витрати ( $V_{\text{зв}}$ ) (оренда/утримання площі 182  $\text{м}^2$ , поточні ремонти, охорона праці): приймемо на рівні 500 000 грн/рік.

Загальні річні операційні витрати дільниці ( $OB_{\text{заг}}$ ) становитимуть:

$$\begin{aligned} OB_{\text{заг}} &= V_{\text{мат}} + V_{\text{зп}} + A + V_{\text{ел}} + V_{\text{зв}} \\ &= 28\,800\,000 + 1\,098\,000 \\ &\quad + 920\,000 + 204\,120 \\ &\quad + 500\,000 \\ &= 31\,522\,120 \text{ грн/рік} \end{aligned} \tag{2.26}$$

Повна собівартість виготовлення одного гофроящика ( $C_{\text{од}}$ ):

$$\begin{aligned} C_{\text{од}} &= \frac{OB_{\text{заг}}}{N_{\text{шт}}} = \frac{31\,522\,120}{2\,116\,450} \\ &= 14,89 \text{ грн/шт} \end{aligned} \tag{2.27}$$

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.9.6 Визначення точки беззбитковості дільниці

Для аналізу фінансової стійкості розподілимо витрати дільниці на постійні (Пост) та змінні (Змін).

- Постійні витрати (не залежать від обсягу випуску: амортизація, ЗП, загальновиробничі):  $\text{Пост} = 920\,000 + 1\,098\,000 + 500\,000 = 2\,518\,000$  грн/рік.

- Змінні витрати (пропорційні обсягу випуску: матеріали та електрика):  $\text{Змін} = 28\,800\,000 + 204\,120 = 29\,004\,120$  грн/рік.

- Питомі змінні витрати на один ящик (змін<sub>од</sub>):  $29\,004\,120 / 2\,116\,450 = 13,70$  грн/шт.

Прийmemo середню ринкову оптово-відпускну ціну реалізації чотирьохклапанного гофроящика з флексодруком на рівні  $\text{Ц}_{\text{реаліз}} = 19,80$  грн/шт. Точка беззбитковості у натуральному вираженні (ТБ<sub>шт</sub>), що показує мінімальний критичний обсяг виробництва для виходу в «нуль», становить:

$$\begin{aligned} \text{ТБ}_{\text{шт}} &= \frac{\text{Пост}}{\text{Ц}_{\text{реаліз}} - \text{змін}_{\text{од}}} \\ &= \frac{2\,518\,000}{19,80 - 13,70} \\ &= 412\,787 \text{ шт./рік} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Проектний обсяг виробництва (2 116 450 шт.) значно перевищує точку беззбитковості, що свідчить про високу фінансову надійність дільниці.

## 2.9.7 Розрахунок прибутку та терміну окупності дільниці

Річний дохід від реалізації гофротари (Д<sub>заг</sub>):

$$\begin{aligned} \text{Д}_{\text{заг}} &= \text{N}_{\text{шт}} \times \text{Ц}_{\text{реаліз}} \\ &= 2\,116\,450 \times 19,80 \\ &= 41\,905\,710 \text{ грн/рік} \end{aligned} \quad (2.29)$$

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Валовий (балансовий) прибуток дільниці (Пвал):

$$\begin{aligned} \text{Пвал} &= \text{Дзаг} - \text{ОВзаг} \\ &= 41\,905\,710 - 31\,522\,120 \\ &= 10\,383\,590 \text{ грн/рік} \end{aligned} \tag{2.30}$$

Чистий прибуток підприємства після сплати податку на прибуток (за ставкою 18 %):

$$\begin{aligned} \text{Пчист} &= \text{Пвал} \times (1 - 0,18) \\ &= 10\,383\,590 \times 0,82 \\ &= 8\,514\,544 \text{ грн/рік} \end{aligned} \tag{2.31}$$

Термін окупності капітальних інвестицій у дільницю (Ток):

$$\begin{aligned} \text{Ток} &= \text{Кзаг} / \text{Пчист} \\ &= 9\,200\,000 / 8\,514\,544 \\ &= 1,08 \text{ року (близько 13 місяців)} \end{aligned} \tag{2.32}$$

#### 2.9.8 Зведені техніко-економічні показники дільниці

Всі розраховані технологічні, інженерні та фінансово-економічні параметри проектуємої дільниці обробки гофрокартону на базі лінії Pinlong PL-GPFG-1224 зведені у підсумкову таблицю 2.5:

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Зведені технологічні та техніко-економічні показники проектуємої дільниці.

Найменування показника	Одиниці виміру	Значення показника	Джерело / Підстава для розрахунку
Річний обсяг випуску готової тари	млн м <sup>2</sup> /рік	1,8	Завдання на проектування
Річний обсяг у натуральному вираженні	шт./рік	2 116 450	Підрозділ 2.3 (Виріб-представник)
Марка встановленого обладнання	—	Pinlong PL-GPFG-1224	Підрозділ 2.2
Кількість ліній	шт.	1	Підрозділ 2.4
Необхідний час на друк тиражів (Ттир)	год/рік	324	Підрозділ 2.4.1
Коефіцієнт завантаження лінії (номінальний)	%	12,8%	Підрозділ 2.4.2
Режим роботи дільниці	—	Дискретно-тиражний	Підрозділ 2.4.3
Явочна чисельність бригади в зміну	осіб	3	Нормативи обслуговування
Штатна чисельність робітників дільниці	осіб	3	Розрахунок за підрозділом 2.8.1
Загальна площа дільниці	м <sup>2</sup>	285	Розрахунок за підрозділом 2.8.2
Річне споживання електроенергії	кВт·год	25 515	Розрахунок за підрозділом 2.8.3
Капітальні інвестиції (CAPEX)	грн	9 200 000	Підрозділ 2.8.4
Річні операційні витрати (OPEX)	грн	31 522 120	Підрозділ 2.8.5
Повна собівартість одного гофроящика	грн/шт.	14,89	Підрозділ 2.8.5
Оптова ціна реалізації гофроящика	грн/шт.	19,80	Обґрунтування за підрозділом 2.8.6
Точка беззбитковості виробництва	шт./рік	412 787	Підрозділ 2.8.6
Чистий річний прибуток дільниці	грн/рік	8 514 544	Підрозділ 2.8.7
Термін окупності капітальних витрат	років	1,08	Підрозділ 2.8.7

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті вирішено актуальне інженерно-технологічне завдання щодо проєктування високоефективної дільниці друку та фінішної обробки гофрованого картону з річною потужністю 1,8 млн м<sup>2</sup> готової продукції. На основі проведених розрахунків, аналізу сучасного ринку пакувального обладнання та розробки планувальних рішень сформульовано такі підсумкові висновки:

1. Оцінка одержаних результатів відносно аналогів. На відміну від традиційних аналогів пакувального виробництва, що базуються на офлайновій схемі, де процеси друку, висікання та склеювання рознесені по окремих верстатах, у проєкті впроваджено інтегровану інлайн-лінію Pinlong PL-GPFG-1224. Безперервний технологічний потік дозволить повністю ліквідувати міжцехову логістику напівфабрикатів, знизити питому матеріалоємність виробництва, скоротити відсоток технологічного браку на приладку та зменшити необхідну площу дільниці до компактних 182 м<sup>2</sup>.

2. Досягнутий ступінь технологічної новизни. Новизна розробленого проєктного рішення полягає у комплексній автоматизації та цифровізації фінішних процесів обробки гофрокартону. Впроваджено систему комп'ютеризованого керування замовленнями з пам'яттю профілів, що забезпечує автоматичне сервоприводне налаштування слоттерних ножів та друкарських валів. Новизною в енергозберігаючому аспекті є застосування міжсекційних інфрачервоних сушок імпульсної дії, нагрівальні елементи яких активуються лише в момент проходження листа під датчиком, що унеможливорює перегрів матеріалу та економить до 40% електроенергії порівняно з сушками постійної дії.

3. Практичне значення отриманих результатів. Розроблений проєкт дільниці має безпосередню практичну цінність для пакувальної галузі і готовий до реального промислового впровадження. Матеріальні та часові розрахунки, виконані на основі чотирьохклапанного ящика типу FEFCO 0201 із тришарового

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гофрокартону марки Т-22, довели високу економічну ефективність дільниці. Завдяки концентрації операцій обслуговування всієї лінії покладено на одну комплексну бригаду з 3 робітників у зміну, що мінімізує фонд оплати праці та знижує собівартість готової тари. Річне споживання електроенергії силовими установками та сушками становить 25 515 кВт·год, що є мінімальним показником для виробництв такого класу.

4. Прогнозні припущення про подальший розвиток об'єкта розроблення. Розрахунки завантаження обладнання показали, що для виконання заданої річної програми (1,8 млн м<sup>2</sup> або 2 116 450 штук ящиків) лінія Pinlong PL-GPFG-1224 має працювати лише 324 години на рік, що забезпечує номінальний коефіцієнт завантаження на рівні 12,8% в межах однозмінного графіка. Це дозволяє зробити прогноз про колосальний потенціал розвитку проектуємої дільниці. Підприємство може без закупівлі додаткового обладнання збільшити обсяги випуску продукції майже у 7-8 разів за умови переходу на багатозмінний режим роботи та розширення портфеля замовлень.

Подальший розвиток дільниці прогнозується у напрямку модернізації флексографських модулів для переходу на фіксовану палітру фарб (Multicolor Extended Gamut), що дозволить випускати високохудожнє пакування з растровим друком високої лініатури, повністю задовольняючи вимоги сьогоденного ринку тари.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Науково-технічна література, підручники та посібники

1. Мельников О. В. Флексографський друк : навч. посіб. Львів : Афіша, 2005. 240 с.
2. Лазаренко Е. Т., Токар С. В. Технологія флексографського друку : монографія. Львів : Українська академія друкарства, 2012. 182 с.
3. Величко О. М., Золотухіна К. І. Матеріали для флексографського друку : навч. посіб. Київ : ВПК «Політехніка», 2010. 156 с.
4. Ткаченко В. П. Проектування поліграфічних підприємств : підручник. Харків : ХНУРЕ, 2008. 342 с.
5. Чехман Я. І., Кулик В. А., Регей І. І. Друкарське обладнання : підручник. Львів : УАД, 2005. 468 с.
6. Панова М. В. Технологія пакувального виробництва та тари : підручник. Київ : КНУТД, 2016. 312 с.
7. Шибанов В. В. Матеріалознавство поліграфічного виробництва : навч. посіб. Львів : УАД, 2008. 254 с.
8. Гавриш А. П. Автоматизація технологічних процесів поліграфічного виробництва : підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 384 с.
9. Кузьменко Б. В., Глушко А. В. Моделювання та автоматизація у поліграфії : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 204 с.
10. Савченко С. Г. Технологічні процеси та обладнання оздоблювального виробництва : навч. посіб. Київ : ВПК «Політехніка», 2012. 176 с.
11. Огірко І. В., Ясінський М. Ф. Оптимізація технологічних процесів у поліграфії : монографія. Львів : Вища школа, 2009. 218 с.
12. Шинкаренко В. П. Економіка поліграфічної галузі : навч. посіб. Львів : УАД, 2013. 245 с.
13. Кіпхан Г. Енциклопедія друкованих засобів інформації. Технології та виробництво : пер. з нім. Київ : Книга, 2005. 1240 с.
14. Розум О. Ф. Технологія формних процесів : підручник. Львів : УАД, 2007. 272 с.
15. Синяк Н. В. Управління виробництвом на поліграфічних підприємствах : навч. посіб. Київ : Кондор, 2011. 198 с.
16. Дудник О. В. Сучасні пакувальні матеріали на основі картону : навч. посіб. Київ : КНТЕУ, 2015. 164 с.
17. Полюдов А. М. Оздоблення пакування: обладнання та технології : навч. посіб. Львів : УАД, 2010. 192 с.
18. Хведчин Ю. Й. Палітурно-брошурувальне устаткування : навч. посіб. Львів : УАД, 2006. 320 с.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Фінк П. Контроль якості у поліграфічному виробництві : пер. з англ. Київ : Техніка, 2008. 186 с.
20. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2015. 348 с.
21. Клименко М. О., Прищеп А. М. Промислова екологія : підручник. Рівне : НУВГП, 2014. 434 с.

Нормативно-правові акти, інструкції та державні стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO)

22. ДСТУ 2887-94. Пакування та маркування. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1995. 34 с.
23. ДСТУ 2890-94. Тара і транспортування. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1995. 28 с.
24. ДСТУ ГОСТ ГОСТ 7376-89, IDT. Картон гофрований. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 22 с.
25. ДСТУ ГОСТ 9142:2019 (ГОСТ 9142-90, IDT). Ящики з гофрованого картону. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 26 с.
26. ДСТУ 3014-95. Виробництво поліграфічне. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1996. 42 с.
27. ДСТУ 4260:2003. Тара і пакування спожиткові. Маркування. Загальні вимоги. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
28. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 32 с.
29. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 86 с.
30. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 112 с.
31. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ : МНС України, 2007. 44 с.
32. НПАОП 22.1-1.02-07. Правила охорони праці для підприємств поліграфічної промисловості. Київ : Держгірпромнагляд, 2007. 94 с.
33. ДСТУ EN 60204-1:2019. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 94 с.
34. ДСТУ OHSAS 18001:2010. Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 24 с.
35. Закон України «Про охорону праці» : від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.
36. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» : від 25.06.1991 № 1264-ХІІ.
37. Закон України «Про управління відходами» : від 20.06.2022 № 2320-ІХ.

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

38. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» : від 16.10.1992 № 2707-ХІІ.
39. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ : МОЗ України, 1999. 18 с.
40. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ : МОЗ України, 1999. 22 с.
41. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Київ : МОЗ України, 1999. 16 с.

Методичні вказівки Університету та електронні ресурси

42. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів для студентів спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» / Уклад. : Т. В. Хохлова, О. В. Чорна. Дніпро : УДХТУ, 2024. 48 с.
43. Офіційний сайт компанії Guangdong Pinlong Precision Technology Co., Ltd. (Технічні характеристики лінії флексодруку на гофрокартоні). URL: <https://www.pinlongmachinery.com/ru/>
44. FEFCO International Corrugated Case Code : Міжнародний кодекс пакування з гофрованого картону (FEFCO). URL: [https://www.fefco.org/sites/default/files/files/styles/thumbnail/public/FEFCO%20Code\\_WEBprotected.pdf](https://www.fefco.org/sites/default/files/files/styles/thumbnail/public/FEFCO%20Code_WEBprotected.pdf)

					4ВП9.026.186.001.ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		