

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: «Проект друкарської дільниці потужністю 2.1 млн. м²/рік»

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

АВРАМЕНКО Ю.В.

Керівник ХОХЛОВА Т.В.

Рецензент _____

Дніпро - 2026 року

Державний вищий навчальний заклад
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»
(назва навчально-наукового інституту)

Факультет, відділення харчових та хімічних технологій _____

Кафедра технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів _____

Освітній рівень бакалавр _____

Спеціальність 186 - Видавництво та поліграфія _____

(шифр і назва)

Спеціалізація видавництво та поліграфія _____

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТПП та ПМ

Константин СУХИЙ

“ _____ “ _____ 2026р.

ЗАВДАННЯ **НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

АВРАМЕНКО ЮЛІ ВАСИЛІВНИ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Проект друкарської дільниці потужністю 2.1 млн. м²/рік

2. керівник проекту Хохлова Тетяна Віталіївна к.т.н., доцент _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “02” березня 2026р. №77ст

3. Вихідні дані до проекту Дані базового підприємства, матеріали з нової техніки, регламенти, звіти та інша технічна документація. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Загальна частина. 1.1 Аналітичний огляд літератури. 1.2 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 та матеріаломісткість. 2.5 Ресурсозбереження та матеріаломісткість. 2.6 Розрахунок площі дільниці та компонування. 2.7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 2.8 Техніко-економічні розрахунки. Висновок. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Технологічна схема. 2. Компонівка обладнання. 3. Основний вузол _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальна частина	Доц. Хохлова Т. В.		
Спеціальна частина	Доц. Хохлова Т. В.		
Охорона праці	Доц. Хохлова Т. В.		

7. Дата видачі завдання 10 березня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	9 квітня - 11 квітня 2026 р.	
2	Загальна частина	14 квітня - 27 квітня 2026 р.	
3	Спеціальна частина	28 квітня - 19 травня 2026р.	
4	Висновок	20 травня - 21 травня 2026 р.	
5	Графічна частина	22 травня -26 травня 2026 р.	
6	Оформлення дипломного проекту	27 травня - 30 травня 2026 р.	
7	Подання дипломного проекту на кафедру	11 червня 2026р.	
8	Підготовка до захисту	12 червня -16 червня 2026 рю	
9	Захист дипломного проекту	16 червня 2026 р.	

Студент _____ **АВРАМЕНКО Ю.В.** _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **ХОХЛОВА Т.В.** _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 70 сторінках і містить 7 таблиць, наведено 52 джерел.

Мета роботи: проєкт друкарської дільниці з випуску продукції потужністю 2,1 млн м²/рік.

Пояснювальна записка дипломного проєкту містить усі зазначені завданням пункти.

У розділі «Загальна частина» розглянуто стан поліграфічної галузі, основні напрямки її розвитку, новітні засоби виробництва та технології друку. Розділ містить детальні дані, що визначають спосіб виробництва продукції, обґрунтовано вибір технологічного обладнання (плотерів Roland VersaEXPRESS RF-640), описано місце розташування дільниці, яке задовольняє потреби у забезпеченні енергоресурсами. Наведено опис та характеристики вихідних матеріалів (рулонних носіїв) та допоміжних матеріалів.

Розділ «Спеціальна частина» містить детальний опис розробленого технологічного процесу, норми технологічного режиму, ресурсозбереження та матеріаломісткість, компонування обладнання, охорону навколишнього середовища. У ньому також наводяться матеріальні баланси, технологічні та техніко-економічні розрахунки, що підтверджують ефективність проєкту.

Ключові слова: ДРУКАРСЬКА ДІЛЬНИЦЯ, ЕКОСОЛЬВЕНТНИЙ ДРУК, МАТЕРІАЛОМІСТКІСТЬ, ВИРОБНИЧА ПРОГРАМА, ROLAND.

					4ВП9.026.186.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Авраменко Ю.В.			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						Н	4	70
Керівник		Хохлова Т. В.				УДУНТ ННІ «УДХТУ»		
Н. Контр.						каф. ТПП та ПМ, гр. 4-ВП-9		
Затв.		Сухий К.М.						

ABSTRACT

The thesis is presented on 70 pages, contains 7 tables, and lists 52 references.

The aim of the work: design of a printing department for product manufacturing with a capacity of 2.1 million m²/year.

The explanatory note of the thesis project contains all the points specified by the assignment.

The "General Part" section reviews the state of the printing industry, its main development trends, innovative production facilities, and printing technologies. The section contains detailed data determining the manufacturing method of products, justifies the choice of technological equipment (Roland VersaEXPRESS RF-640 plotters), and describes the location of the department, which satisfies the energy resource requirements. A description and characteristics of the raw materials (roll substrates) and auxiliary materials are provided.

The "Special Part" section contains a detailed description of the developed technological process, technological regime standards, resource conservation and material consumption, equipment layout, and environmental protection. It also includes material balances, as well as technological and technical-economic calculations that confirm the efficiency of the project.

Keywords: PRINTING DEPARTMENT, ECO-SOLVENT PRINTING, MATERIAL CONSUMPTION, PRODUCTION PROGRAM, ROLAND.

					4ВП9.026.186.001 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Авраменко Ю.В.			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						Н	5	70
Керівник		Хохлова Т. В.				УДУНТ ННІ «УДХТУ» каф. ТПП та ПМ, гр. 4-ВІІ-9		
Н. Контр.								
Затв.		Сухий К.М.						

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1			Документація		
2			Загальна		
3			Знову зроблена		
4	A4	4ВП9.026.186.001 ПЗ	Пояснювальна записка	70	
5	A1	4ВП9.026.186.001 ТС	Технологічна схема	1	
6	A1	4ВП9.026.186.001 КО	Компоновка обладнання	1	
7	A1	4ВП9.026.186.001 ОБ	Основний вузол	1	
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

					4ВП9.026.186.001 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проекту			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.	Араменко Ю.В.							Н	6	70		
Перевір.								УДУНТ ННІ «УДХТУ» каф. ТПП та ПМ, гр. 4-ВП-9				
Керівник	Хохлова Т.В.											
Н. Контр.												
Затв.	Сухий К.М.											

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	12
1.1 Аналітичний огляд літератури	12
1.1.1 Порівняльна характеристика методів друку	12
1.2.1 Фізико-хімічне обґрунтування вибору екосольвентної технології	17
1.2.2 Нормативно-технологічна класифікація проєктованого виробництва	18
1.3 Вибір району будівництва цеху	20
1.3.1 Маркетингові та соціально-економічні чинники розміщення	21
1.3.2 Логістичні та інженерно-технічні чинники розміщення	21
1.3.3 Санітарно-екологічні вимоги до локації цеху	22
1.4 Характеристика вихідних матеріалів і готової продукції	23
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	28
2.1 Технологічний процес. Норми технологічного режиму	28
2.1.1 Додрукарська підготовка (Prepress) та RIP-процесинг	28
2.1.2 Технологічний процес екосольвентного друку (Press)	29
2.1.3 Післядрукарська обробка готової продукції (Postpress)	31
2.2 Вибір обладнання для забезпечення технологічного процесу	32
2.2.1 Вибір основного технологічного устаткування	32
2.2.2 Організація технічного контролю на дільниці	35
2.2.3 Вхідний контроль сировини та матеріалів	36
2.2.4 Операційний (технологічний) контроль процесу виробництва	37
2.2.5 Вихідний (фінальний) контроль готової продукції	38
2.3 Матеріальні розрахунки	39
2.3.1 Розрахунок потреби у запечатуваних рулонних матеріалах	40
2.3.2 Розрахунок потреби в екосольвентних чорнилах тріади СМҮК	42
2.3.3 Зведена таблиця матеріального балансу дільниці	44
2.4 Технологічні розрахунки та матеріалоемність	46
2.4.1 Розрахунок виробничої програми та завантаження обладнання	46

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

2.4.2 Розрахунок матеріалоемності продукції	47
2.4.3 Розрахунок чисельності основних робітників-друкарів	47
2.4.4 Розрахунок чисельності робітників післядрукарської обробки	48
2.4.5 Допоміжний та обслуговуючий персонал дільниці	49
2.4.6 Зведена відомість штатного розкладу дільниці	50
2.5 Ресурсозбереження та матеріаломісткість	51
2.6 Розрахунок площі дільниці та компонування	52
2.6.1 Розрахунок площі, яку займає безпосередньо технологічне устаткування	53
2.6.2 Розрахунок загальної виробничої площі дільниці	54
2.6.3 Загальні принципи планування та розстановки обладнання на чертежі	55
2.7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	56
2.7.1 Санітарно-гігієнічні вимоги та організація мікроклімату	56
2.7.2 Електробезпека та захист від статичної електрики	58
2.7.3 Пожежна безпека	59
2.7.4 Захист довкілля (Екологічна безпека)	60
2.8 Техніко-економічні розрахунки	61
2.8.1 Розрахунок капітальних інвестицій (CAPEX)	61
2.8.2 Розрахунок експлуатаційних витрат (OPEX)	61
2.8.3 Показники економічної ефективності	62
2.8.4 Розрахунок точки беззбитковості (Break-even point)	62
2.8.5 Термін окупності ($T_{ок}$)	63
ВИСНОВОК	64
ЛІТЕРАТУРА	66
ДОДАТКИ	

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

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку світової та вітчизняної поліграфічної індустрії характеризується стрімким зміщенням векторів у бік глобальної цифровізації виробничих процесів, радикального скорочення термінів виконання замовлень та підвищення екологічної безпеки хіміко-технологічних систем. Особливе, домінуюче місце в цьому процесі посідає широкоформатний цифровий друк, який на сьогодні є безальтернативною опорною технологією у сфері виробництва об'єктів зовнішньої та внутрішньої реклами, візуальних комунікацій, великогабаритної комерційної графіки, а також ексклюзивних елементів інтер'єрного дизайну [2, 10].

Динаміка розвитку сучасного ринку вимагає від поліграфічних підприємств максимальної гнучкості та здатності оперативно адаптуватися до постійних змін. Традиційні аналогові способи друку, зокрема трафаретний (шовкодрук) та флексографічний, попри їхню високу продуктивність на мільйонних накладах, стрімко втрачають інвестиційну та експлуатаційну привабливість у сегменті широкоформатної графіки. Це зумовлено довготривалими, складними та фінансово витратними процесами додрукарської підготовки (виготовлення фотоформ, експонування сіток, рецептурне змішування фарб та тривала приладка обладнання), що робить випуск малих, індивідуальних, сезонних або персоналізованих серій продукції економічно абсолютно нерентабельним [4, 9].

На противагу аналоговим методам, цифрова струминна технологія, яка реалізує пряму концепцію виведення даних «Computer-to-Press», повністю нівелює поняття постійної форми. Вона забезпечує унікальну архітектурну гнучкість виробничого циклу, зводячи час підготовки до друку до кількох хвилин, і дозволяє з однаковою економічною ефективністю випускати накладу обсягом від одного одиничного примірника до тисячних партій.

Проте, протягом тривалого часу головним стримуючим фактором і критичною проблемою промислового широкоформатного друку залишалася висока екологічна та токсикологічна небезпека жорсткосольвентних хімічних

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

систем чорнил. Такі чорнила містять у своєму складі агресивні леткі органічні сполуки (зокрема, циклогексанон та толуол), які вимагають створення ізольованих бункерів, потужних герметичних систем аспірації та несуть пряму загрозу здоров'ю обслуговуючого персоналу, повністю виключаючи можливість використання відбитків всередині житлових чи офісних приміщень [13, 14].

Революційним кроком, що вирішив цю фундаментальну дилему, стала поява та масове комерційне впровадження екосольвентних чорнил нового покоління (зокрема, лінійки Eco-Sol MAX 2 від корпорації Roland), які успішно експлуатуються на передових плоттерах Roland VersaEXPRESS RF-640 [41]. Завдяки заміні агресивних компонентів на м'які, екологічно безпечні ефіри гліколів, ці системи позбавлені різкого запаху, мають мінімальну емісію шкідливих речовин і водночас зберігають унікальну фізико-хімічну здатність до дифузійного закріплення на полімерних підкладках (ПВХ-банерах та самоклеючих плівках), гарантуючи стійкість відбитків до атмосферних чинників, вологи та УФ-випромінювання до 3–5 років [6, 12].

З огляду на вищезазначене, комплексне інженерне проектування високотехнологічної дільниці екосольвентного широкоформатного друку із річною потужністю понад 2,1 млн м²/рік у великому промислово-економічному регіоні є вкрай актуальним та своєчасним науково-виробничим завданням. Організація такого збалансованого виробництва дозволить повністю задовольнити високий попит комерційного, корпоративного та приватного секторів на якісну, довговічну та екологічно безпечну візуальну продукцію.

Мета і завдання проєкту. Метою дипломного проєкту є комплексне інженерно-технологічне проектування високоефективної та екологічно безпечної виробничої дільниці цифрового широкоформатного екосольвентного друку на базі сучасного парку обладнання Roland VersaEXPRESS RF-640 (у кількості 12 одиниць).

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

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

1. Виконати глибокий аналітичний огляд науково-технічної літератури та нормативної бази щодо технології струминного екосольвентного друку;
2. Обґрунтувати вибір основного технологічного процесу та провести класифікацію проєктованого виробництва;
3. На основі заданого асортименту продукції розрахувати детальний матеріальний баланс (витрати банерної тканини, полімерних плівок, постерного паперу, чорнил та змиваючих розчинів);
4. Розрахувати необхідну кількість основного обладнання та коефіцієнт його завантаження;
5. Визначити оптимальний штатний розклад (явочну та списочну чисельність виробничого персоналу);
6. Розраховувати загальну площу цеху, розробити раціональну схему компоновки обладнання та принципи внутрішньоцехової логістики;
7. Розробити заходи з охорони праці, промислової санітарії, пожежної безпеки, ресурсозбереження та захисту навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є технологічний процес формування багатоколірних зображень на рулонних полімерних і паперових носіях методом цифрового п'єзоелектричного струминного екосольвентного друку.

Предметом дослідження є інженерно-технологічні параметри, матеріальні потоки, норми технологічного режиму, парк обладнання та об'ємно-планувальні рішення проєктуємої виробничої ділянки широкоформатного друку.

Методи проєктування та дослідження. У роботі використано системний підхід, методи математичного моделювання матеріальних балансів, аналітичні методи розрахунку завантаження парку обладнання та нормативів робочого часу, а також модульні принципи архітектурно-будівельного планування промислових підприємств згідно з чинними стандартами ДСТУ, ДБН та НПАОП України.

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

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Аналітичний огляд літератури

Науково-технічний фундамент технології цифрового широкоформатного друку базується на фундаментальних законах гідродинаміки, фізичної хімії полімерів, колориметрії та теорії струминного нанесення рідких середовищ на рухомі підкладки. В основу сучасної класифікації та аналізу процесів формування зображення покладено праці провідних вітчизняних та закордонних вчених у галузі поліграфічного виробництва, зокрема Величка О. М., Мельникова О. В., Кузнецова Ю. В. та інших [2, 10, 25].

1.1.1 Порівняльна характеристика методів друку

Сучасний ринок візуальних комунікацій пропонує вибір між різними технологіями друку. Вибір екосольвентного методу для проектованої ділянки обґрунтований порівняльним аналізом, наведеним у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Вибір екосольвентного методу для проектованої ділянки.

Параметр	Жорсткий сольвент	Екосольвент	УФ-друк
Екологічність	Низька	Висока	Середня
Стійкість (вулична)	5-7 років	3-5 років	2-3 роки
Вартість відбитка	Низька	Середня	Висока
Деталізація	Середня	Висока	Висока
Запах	Різкий, токсичний	Ледь помітний	Відсутній

Як бачимо, екосольвентна технологія є «золотою серединою», забезпечуючи високу деталізацію та безпеку при збереженні прийнятної собівартості.

1.1.2 Фізико-хімічні основи екосольвентного процесу

Еволюція струминного друку (Inkjet Technology) пройшла шлях від простих маркувальних систем до високоточних багатобуферних п'єзоелектричних друкарських головок (Piezo Drop-on-Demand). Як зазначається у дослідженнях [4, 25], п'єзоелектрична технологія, на відміну від термічної (термоструминної), має суттєву перевагу — вона не піддає чорнило температурному нагріванню до кипіння, що дає змогу використовувати широкий спектр складних хімічних сполук на основі органічних та екосольвентних розчинників без ризику деструкції пігменту чи забивання сопел нагаром.

У науковій літературі [6, 14, 30] детально описано фізико-хімічний механізм взаємодії екосольвентного чорнила з полімерними носіями на основі полівінілхлориду (ПВХ). Рідка фаза чорнила складається з суміші ефірів гліколей (дипропіленгліколю, диметилового ефіру тощо), які підібрані таким чином, щоб їхній параметр розчинності був близьким до параметра розчинності ПВХ. При контакті мікрокраплі чорнила (об'ємом від 4 до 7 піколітрів) із поверхнею банера або плівки розчинник викликає локальне набухання та часткове розчинення поверхневого шару полімеру (процес пластифікації). Високодисперсний пігмент чорнила дифундує безпосередньо в ослаблену полімерну матрицю носія. Наступне нагрівання матеріалу на вбудованих теплових столах плоттера призводить до повного випаровування рідкого розчинника, внаслідок чого ПВХ знову полімеризується, надійно «запираючи» частинки пігменту всередині своєї структури. Цей механізм, підтверджений у працях [13, 14], пояснює високу механічну та кліматичну стійкість екосольвентних відбитків.

Важливим аспектом, висвітленим у джерелах з додрукарської підготовки (Prepress) та колірного менеджменту [9, 26], є роль програмних RIP-процесорів (Raster Image Processor) у керуванні параметрами друку. Сучасні RIP (наприклад,

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

Roland VersaWorks) виконують не лише математичне растровання векторних та растрових зображень, а й здійснюють точний лінійний контроль загального обсягу нанесення чорнила (параметр Total Ink Limit). Перевищення цього ліміту призводить до небезпечних дефектів — растекання чорнила, утворення калюж на плівці, змішування сусідніх колірних каналів та значного збільшення часу сушіння, що детально проаналізовано у технологічних інструкціях виробників обладнання [12, 41].

При проектуванні великих промислових дільниць цифрового друку особлива увага в літературі приділяється логістиці рулонних матеріалів та оптимізації корисних площ цеху [27, 33]. На відміну від аркушевих машин, рулонне виробництво вимагає обов'язкового врахування значної маси рулонів ПВХ (до 40–60 кг один рулон) та необхідності організації зон технологічної акліматизації та дегазації готових відбитків для повного виходу залишків розчинника перед нанесенням захисного ламінату чи згортанням банера в тубус [29, 35].

Аналіз нормативної та навчальної літератури з охорони праці [34, 42] свідчить, що попри приставку «еко», екосольвентне виробництво потребує суворого проектування систем загальнообмінної та місцевої вентиляції, оскільки накопичення парів гліколевих ефірів у закритому просторі цеху при роботі десятків машин може перевищити гранично допустимі концентрації (ГДК) робочої зони. Окрім того, рух діелектричних полімерних плівок через вали протяжки генерує статичну електрику, що вимагає впровадження активних антистатичних систем для усунення ризиків іскроутворення та технологічних збоїв [40, 41].

Таким чином, проведений аналітичний огляд літературних та нормативних джерел дозволяє констатувати, що інженерне проектування дільниці широкоформатного екосольвентного друку є комплексним завданням, де технологічні параметри друку жорстко пов'язані з фізико-хімічними властивостями матеріалів, правилами промислової санітарії, електробезпеки та вимогами колірного менеджменту [10, 27, 45].

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

1.2 Класифікація виробництва, вибір і обґрунтування технологічного процесу

При проектуванні високопродуктивної виробничої дільниці з випуску великоформатної комерційної та інтер'єрної графіки ключовим інженерним завданням є всебічне науково-технічне обґрунтування способу друку. Сучасний стан розвитку поліграфічних технологій пропонує три альтернативні базові методи для задруковування рулонних полімерних і паперових носіїв: трафаретний друк (ротаційний або плоский шовкодрук), ультрафіолетовий (УФ) струминний друк та цифровий струминний друк на базі екосольвентних хімічних систем чорнил [2, 6, 10].

Для прийняття оптимального технологічного рішення виконаємо детальний порівняльний аналіз цих способів за основними виробничими, економічними та фізико-хімічними критеріями.

Трафаретний друк (шовкодрук) традиційно характеризується високою товщиною фарбового шару та високою оптичною щільністю відбитків, проте він є рентабельним виключно при екстремально великих накладках однотипної продукції (від 1000 однакових примірників). Це пов'язано з високою вартістю та тривалістю циклу додрукарської підготовки (виготовлення фотоформ, натягування і регенерація сіток, нанесення емульсійних шарів, експонування та тривала приладка друкарського верстата) [10]. Оскільки проектуєма дільниця орієнтована на обслуговування сучасного динамічного ринку (де переважають індивідуальні замовлення, малі та середні накладки, а також висуваються суворі вимоги до швидкості виконання замовлень), застосування трафаретного способу є технологічно та інвестиційно неефективним.

Цифровий струминний УФ-друк забезпечує миттєве полімеризаційне закріплення фарби на поверхні матеріалу під дією високоінтенсивного ультрафіолетового випромінювання (за механізмом радикальної фотополімеризації акрилових мономерів та олігомерів) [26]. Цей метод дозволяє працювати з широким спектром навіть непідготовлених жорстких листових

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

поверхонь, проте вартість самого УФ-обладнання промислового класу, великі витрати електроенергії на охолодження та живлення УФ-діодних систем, а також висока ринкова вартість УФ-чорнил суттєво здорожують собівартість квадратного метра продукції, знижуючи конкурентоспроможність дільниці в сегменті масового рулонного друку [31].

З огляду на заданий асортимент (банерні ПВХ-тканини, самоклеїні вінілові плівки типу Orajet, постерні папери) та масштабні річні обсяги виробництва (2 188 200м²/рік), для впровадження на дільниці обрано технологію цифрового широкоформатного п'єзоелектричного струминного екосольвентного друку на базі парку плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640 [41].

Для наочного інженерного підтвердження правильності вибору у таблиці 1.2 наведено порівняльний аналіз техніко-економічних та технологічних характеристик розглянутих способів друку [2, 6, 10, 26, 31].

Таблиця 1.2 - Порівняльний аналіз техніко-економічних та технологічних характеристик розглянутих способів друку.

Критерії порівняння	Трафаретний друк (Шовкодрук)	Цифровий УФ-друк	Цифровий екосольвентний друк (Обраний)
1	2	3	4
Мінімальний рентабельний наклад	Від 500–1000 шт.	Від 1 шт.	Від 1 шт.
Час на додрукарську підготовку лінії	Від 2 до 6 годин	До 5–10 хвилин	До 5 хвилин (прямий вивід)
Ступінь гнучкості (персоналізація)	Відсутня	Абсолютна	Абсолютна

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Екологічна безпека в цеху	Низька (запах розчинників)	Середня (виділення озону)	Висока (відсутність циклогексанону)
Стійкість відбитка до умов вулиці	Висока	Дуже висока	Висока (до 3–5 років без ламінації)
Капітальні витрати на старті	Середні	Екстремально високі	Оптимальні (висока окупність)
Собівартість 1 м ² при малих накладках	Екстремально висока	Висока	Низька (оптимальна для ринку)

1.2.1 Фізико-хімічне обґрунтування вибору екосольвентної технології

Фундаментальною перевагою обраного екосольвентного способу друку є унікальний фізико-хімічний механізм фіксації фарби на полімерних носіях [14]. На відміну від водних чорнил, які вимагають наявності спеціального дорогого релаксаційного (приймального) шару на папері, або УФ-чорнил, які закріплюються у вигляді жорсткої поверхневої кірки, екосольвентні чорнила працюють за принципом дифузійного проникнення в матрицю підкладки [6, 30].

Рідка фаза екосольвентних чорнил (зокрема, фірмових систем Eco-Sol MAX 2 від Roland) базується на суміші високоочищених м'яких органічних розчинників - ефірів гліколів (діалкіленгліколевих ефірів), які характеризуються низьким тиском насиченої пари та оптимальним параметром розчинності, близьким до параметра розчинності пластифікованого полівінілхлориду (ПВХ), з якого виготовляються банери та плівки [13, 14].

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

При нанесенні мікрокраплі чорнила п'єзоелектричною голівкою плоттера на матеріал відбуваються такі послідовні фізико-хімічні стадії [12, 41]:

1. Змочування та розтікання: Завдяки оптимізованому поверхневому натягу чорнила ($28\text{--}32\text{ мН/м}$), крапля ідеально змочує гідрофобну поверхню вінілової плівки, утворюючи правильну полусферу без ефекту згортання (краплеутворення) [7].
2. Пластифікація підкладки (адгезійний контакт): Ефіри гліколів починають активно взаємодіяти з поверхнею ПВХ, викликаючи його локальне набухання, розм'якшення та часткове руйнування міжмолекулярних зв'язків у поверхневому шарі полімеру.
3. Дифузія пігменту: Високодисперсні частинки органічних пігментів, що знаходяться у чорнилі, під дією капілярних сил та дифузії заглиблюються безпосередньо у розм'якшену структуру підкладки.
4. Термічна фіксація та сушка: Матеріал рухається через інтегровані теплові столи плоттера Roland RF-640. Під дією температури розчинник повністю випаровується, а розм'якшений полівінілхлорид відновлює свою жорстку аморфну структуру, надійно інкапсулюючи («запираючи») частинки пігменту всередині верхнього шару самого носія [14, 41].

Саме цей механізм забезпечує відбиткам стійкість до ультрафіолетового вигорання, стирання, перепадів температур та атмосферних опадів без необхідності обов'язкового додаткового ламінування, що кардинально знижує матеріалоємність виробництва [13].

Критичними параметрами, що впливають на якість фіксації чорнила, є вологість повітря (оптимально 40–60%) та температура теплових столів (40–45°C). Відхилення від цих норм призводить до виникнення дефектів типу «banding» (смугастість) або «ink pooling» (перелив чорнила), що вимагає постійного моніторингу за допомогою вбудованих сенсорів Roland.

1.2.2 Нормативно-технологічна класифікація проектного виробництва

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

Для правильного інженерного розроблення планувальних рішень цеху, розрахунку систем штучного клімату, вентиляції, енергопостачання, а також побудови надійної системи охорони праці, проектуєма дільниця цифрового друку класифікується за загально визнаними галузевими нормативними стандартами України за такими базовими критеріями [27, 33, 40]:

- За типом (характером) організації виробничого процесу: Виробництво класифікується як безперервно-дискретне. Безпосередній процес розгортання рулону, нанесення колірних каналів СМΥК кареткою плоттера та сушіння полотна є безперервним автоматизованим процесом у межах одного накладу. Проте процеси завантаження нових рулонів, зняття готової продукції, її транспортування до фінішної зони та поопераційне порізання на тримерах мають дискретний (переривчастий) характер.
- За рівнем механізації та автоматизації: Виробництво відноситься до категорії механізованих з елементами автоматизації. Керування безпосередньою хіміко-технологічною системою друку, калібруванням дюз, натягом та автоматичним змотуванням готового рулону (система Take-up) здійснюється мікропроцесорними контролерами плоттерів Roland на 100 %. Водночас допоміжні та логістичні операції (переміщення важких рулонів вагою до 50 кг за допомогою гідравлічних візків-рокл, заправка рулонів у друкарський тракт, встановлення металевих люверсів та пакування) виконуються персоналом вручну або із застосуванням засобів малої механізації [35, 41].
- За категорією взривопожежної та пожежної небезпеки: Відповідно до положень ДСТУ Б В.1.1-36:2016 та НАПБ А.01.001-2014, приміщення дільниці широкоформатного друку класифікується як категорія В (пожежонебезпечна). Це зумовлено значним питомим пожежним навантаженням у цеху, де одночасно переробляються та зберігаються горючі тверді полімерні матеріали (поліефірні банери, акрилові плівки, целюлозний папір) та рідкі органічні речовини (екосольвентні чорнила на основі ефірів гліколів із температурою спалаху парів у закритому тиглі $t_{сп} > 60^{\circ}C$) [13, 40].

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

- За класом зон для електрообладнання (згідно з ПУЕ): Безпосередні зони друку та вузли дегазації відбитків класифікуються як клас П-І (зони, в яких переростають або зберігаються горючі рідини), що вимагає використання електроустаткування плоттерів із відповідним класом захисту (не нижче IP54). Загальний простір цеху за ступенем небезпеки ураження персоналу електричним струмом відноситься до категорії з підвищеною небезпекою (через наявність струмопровідних металевих підлог, великої кількості заземленого обладнання та експлуатації хімічних розчинів) [32, 42].
- За масштабом та типом виробництва: З огляду на річну програму (2,1млнм²), велику кількість однотипних робочих місць (12 плоттерів) та стабільний асортимент матеріалів, виробництво класифікується як великосерійне (крупносерійне) масового типу, що потребує жорсткої організації праці та чіткої потокової логістики [27, 31].

Впровадження обраного технологічного процесу на базі 12 універсальних плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640 у поєднанні з глибоким розумінням його класифікаційних особливостей дозволить дільниці функціонувати з максимальною техніко-економічною та експлуатаційною ефективністю, гарантуючи високу якість комерційної графіки (до 1440 dpi) відповідно до ДСТУ ISO 12647-8:2019 [11, 41].

1.3 Вибір району будівництва цеху

Комплексне інженерно-економічне обґрунтування географічного та адміністративно-територіального району розміщення проєктуємої виробничої дільниці широкоформатного екосольвентного друку є фундаментальним етапом передпроектної підготовки. Стратегічно правильний вибір локації промислового об'єкта безпосередньо визначає величину стартових капітальних інвестицій, структуру поточних операційних та логістичних витрат підприємства, швидкість повернення капіталу (термін окупності) та загальний рівень конкурентоспроможності на поліграфічному ринку [27, 31].

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

Для забезпечення максимальної рентабельності виробництва потужністю 2 10000 м²/рік вибір району базувався на глибокому аналізі системи взаємопов'язаних факторів, які традиційно поділяються на маркетингові, логістичні, соціально-економічні та інженерно-технічні [33, 38].

1.3.1 Маркетингові та соціально-економічні чинники розміщення

Проектована дільниця є потужним високопродуктивним комплексом, орієнтованим на великосерійний випуск комерційної та інтер'єрної графіки. Основними споживачами такої продукції є великі рекламні агенції повного циклу, національні та регіональні мережі роздрібної торгівлі (рітейл, супермаркети), будівельні компанії, виробники меблів та студії інтер'єрного дизайну [10]. З огляду на це, розміщення цеху в межах великого розвиненого промислово-економічного регіону з високою щільністю ділової активності є першочерговою умовою. Це дозволяє працювати безпосередньо у зоні генерації основного обсягу замовлень, зводячи до мінімуму час реакції на запит клієнта та реалізуючи концепцію «оперативного виробництва» (just-in-time) [31].

З соціально-економічної точки зору, успішна експлуатація, програмування та сервісне обслуговування парку з 12 високоточних плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640, систем автоматизованого RIP-процесингу та спектрофотометричного колірною менеджменту потребують залучення висококваліфікованого персоналу [41]. Обраний промисловий регіон характеризується потужним освітньо-науковим кластером, що включає провідні заклади вищої та середньої спеціальної освіти хіміко-технологічного та поліграфічного профілю. Це повністю знімає проблему комплектування штату дільниці (24 співробітників) дипломованими інженерами-технологами, майстрами та операторами цифрового друку, а також виключає витрати підприємства на їх тривале базове навчання з нуля [34].

1.3.2 Логістичні та інженерно-технічні чинники розміщення

Виробничий процес цифрового широкоформатного друку має високу матеріаломісткість. Річна потреба у запечатуваних носіях (важкі рулони ПВХ-

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

банерів важелем до 50–60 кг, самоклеїні плівки, рулони постерного паперу) становить понад 2,1 млн м², що потребує щоденного чіткого переміщення значних вантажопотоків [27]. Обраний район будівництва має розгалужену та якісну логістичну інфраструктуру:

- Наявність зручних під'їзних шляхів для великогабаритного вантажного автотранспорту (фур) безпосередньо до складської зони ділянки.
- Близькість до центральних вузлів та терміналів провідних операторів експрес-доставки, що дозволяє оперативно та з мінімальними витратами відвантажувати готову продукцію у сусідні регіони.

З інженерного погляду, сумарна потужність 12 плоттерів Roland, допоміжних широкоформатних ламінаторів, тримерів, систем автоматичного сушіння та припливно-витяжної вентиляції формує значне енергетичне навантаження на електромережі [14, 32]. Для мінімізації капітальних витрат на прокладання нових комунікацій, під розгортання ділянки обрано територію існуючого індустріального парку (або реконструйовані площі незадіяного промислового підприємства). Це забезпечує пряме підключення до готових ліній промислового енергопостачання (трифазна мережа напругою 380 В) зі стабільними лімітами потужності, а також до систем центрального опалення, водопостачання та водовідведення [27, 33].

1.3.3 Санітарно-екологічні вимоги до локації цеху

При виборі конкретного майданчика в межах обраного промислового району суворо враховувалися вимоги екологічного законодавства України та Державних будівельних норм (зокрема ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Виробничі будинки» та ДСП 173-96) [32, 40].

Оскільки проєктуємо виробництво за класифікацією пожежної небезпеки відноситься до категорії В, а технологічний процес супроводжується випаровуванням м'яких органічних розчинників (ефірів гліколів) та роботою систем механічної витяжної вентиляції, об'єкт розташовується виключно в межах

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

офіційно затвердженої промислової, комунально-складської або виробничої зони міста [13, 14].

Згідно з санітарними нормами, для підприємств такого типу встановлюється нормативна санітарно-захисна зона (СЗЗ) від меж виробничих корпусів до найближчої житлової забудови, дитячих та лікувальних закладів [42]. Наявність цієї зони, у поєднанні з проєктованими вугільними фільтрами-адсорберами на вихлопах вентиляційних систем, повністю гарантує, що концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі на межі житлової зони не перевищить гранично допустимих концентрацій (ГДК), а рівень шуму від роботи цеху у нічний час буде значно нижчим за допустимі комунальні нормативи [33, 50].

Таким чином, вибір великого розвиненого промислового району з потужною інфраструктурою, кадровим потенціалом та готовими інженерними мережами є всебічно обґрунтованим як з економічної, так і з екологічної та технологічної точок зору [27, 31].

1.4 Характеристика вихідних матеріалів і готової продукції

Сучасний етап розвитку індустрії візуальних комунікацій та маркетингу в Україні характеризується стрімким підвищенням вимог до якості, оперативності виготовлення та експлуатаційної стійкості великоформатних графічних виробів. У загальній структурі поліграфічного ринку сегмент широкоформатного цифрового друку посідає провідне місце завдяки своїй універсальності та здатності ефективно працювати з широким спектром гнучких полімерних і паперових носіїв [3]. Проєктована діляниця із річною потужністю 2,1 млн м² орієнтована на промисловий випуск високоякісної повноколірної продукції, що знаходить застосування як у сфері зовнішньої реклами (Outdoor-індустрія), так і в архітектурно-інтер'єрному оформленні (Indoor-сегмент) [2, 11].

Основними видами готової продукції, випуск яких передбачений виробничою програмою проєктуємої діляниці, є:

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

1. Магістральні щитові конструкції (білборди, суперборди, брендмауери): Великоформатні полотна розміром від 3×6 м до 5×15 м і більше, призначені для тривалого розміщення на автошляхах та фасадах будівель. Вони зазнають значних вітрових та кліматичних навантажень, тому потребують підвищеної міцності основи.
2. Рекламно-інформаційні світлові конструкції (сітілайти, лайтбокси): Графічні елементи середнього формату (переважно 1,2×1,8 м) із внутрішнім підсвічуванням, що встановлюються в міському середовищі. Головною вимогою до них є висока оптична щільність та рівномірність світлорозсіювання.
3. Елементи транспортного брендування та маркування: Високоеластичні графічні аплікації для нанесення на складні криволінійні поверхні кузовів пасажирського, вантажного та корпоративного автотранспорту.
4. Інтер'єрні та виставкові фотопанелі (постери, фотошпалери, стенди): Продукція високої роздільної здатності, що експлуатується всередині приміщень і розглядається з близької відстані. Ключовий критерій — абсолютна екологічна безпека та відсутність запаху.

Для раціональної організації виробничого процесу, оптимізації постачання рулонної сировини та розрахунку складських площ [35, 38], у дипломному проєкті затверджено наступну структуру річного асортименту за типами запечатуваних медіа-матеріалів:

- Банерна ПВХ-тканина (типу Frontlit / Backlit) - 40 % від загального обсягу виробництва (840 000 м²/рік);
- Самоклейна полівінілхлоридна плівка (типу Oracal / Ritrama) - 40 % від загального обсягу виробництва (840 000 м²/рік);
- Спеціалізований постерний папір (типу Blueback / Citylight) - 20 % від загального обсягу виробництва (420 000 м²/рік).

Кожен із обраних матеріалів досліджено з позиції матеріалознавства поліграфічних процесів [13]. Вони мають специфічні фізико-хімічні параметри, що зумовлюють особливості їхньої переробки:

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

- Банерна ПВХ-тканина Frontlit/Backlit являє собою складний армований композит. Основою матеріалу є сітка з міцних поліефірних (поліестерів) ниток щільністю плетива від 250×250 до 1000×1000 den [13]. Ця матриця з обох боків заливається пластифікованим полівінілхлоридом і покривається акриловим або лаковим захисним шаром. Питома щільність матеріалу становить 440-510 г/м². Завдяки введенню до складу ПВХ спеціальних низькомолекулярних пластифікаторів та термостабілізаторів [20], банерна тканина зберігає еластичність при негативних температурах (до -30 °C), має низький коефіцієнт теплового розширення та високу адгезійну міцність зварних швів [15, 17].
- Самоклейна ПВХ-плівка має тришарову структуру. Верхній робочий шар - каландрований мономерний або полімерний полівінілхлорид товщиною 80–100 мкм, який піддається спеціальній хімічній модифікації поверхні для стабілізації поверхневої енергії та покращення змочуваності чорнилами [19]. Середній шар - постійний поліакрилатний клей на водному або сольвентному розчині, що забезпечує зусилля відриву не менше 16 Н/25 мм. Нижній захисний шар - силіконізована паперова підложка щільністю 120–140 г/м², яка захищає клейовий шар від висихання та забезпечує стабільне проходження рулону через протяжний тракт принтера [13].
- Спеціалізовані папери Blueback та Citylight розроблені для коротко- та середньострокового використання. Папір Blueback (щільність 115–120 г/м²) має покриття тильної сторони блакитним пігментом, що робить полотно повністю непрозорим і дозволяє наклеювати плакат поверх старих зображень без ризику їх просвічування. Папір Citylight (щільність 150 г/м²) характеризується високим ступенем транслюцентності (світлорозсіювання) та стабільною капілярною структурою волокон, що запобігає деформації паперу при інтенсивному нанесенні рідкої фази чорнила [12].

Для реалізації заданої потужності у 2,1 млн м²/рік у проєкті виконано глибокий аналіз та обґрунтування вибору способу друку. Традиційні аналогові технології, такі як офсетний або трафаретний (трафаретний ротаційний) друк, при виробництві широкоформатних виробів є економічно та технологічно

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

недоцільними. Офсетний друк обмежений максимальним форматом машин (переважно до класу B0, тобто 1000×1414 мм) і вимагає високих капітальних витрат на виготовлення друкарських форм [28]. Трафаретний друк дозволяє отримувати великі формати, проте тривалий процес виготовлення сіткових шаблонів, приправки та висока вартість фотоформ роблять випуск малих тиражів та поштучних виробів збитковим [27].

Цифровий широкоформатний струминний друк повністю позбавлений цих обмежень. Він базується на принципі прямого виведення інформації з комп'ютерного файлу безпосередньо на запечатуваний носій за концепцією «Computer-to-Print» [4]. Це забезпечує унікальну гнучкість виробництва: рентабельність тиражу починається від 1 примірника, стає можливим миттєва зміна сюжету без зупинки обладнання, а також мінімізується час на додрукарську підготовку, що критично важливо для ділянки промислового масштабу [10].

Враховуючи вимоги кафедри ПП-ФНПМ УДХТУ щодо технологічності, екологічності та безпеки хімічних процесів, у проєкті обґрунтовано використання екосольвентного типу чорнил. Порівняльний інженерний аналіз із іншими цифровими технологіями (жорсткий сольвент, УФ-отвердження, латекс) підтверджує наступні переваги екосольвентного методу [6, 8, 14]:

1. Фізико-хімічна взаємодія та адгезія: На відміну від водних чорнил, які згортаються на полімерних поверхнях, екосольвентні чорнила містять у своєму складі рідкий носій на основі високоочищених гліколевих ефірів. При контакті з банером або плівкою розчинник частково атакує поверхневі макромолекули ПВХ, переводячи їх у гелеподібний стан (процес контрольованого набухання та дифузії) [8, 14]. Пігментні мікрочастинки чорнила проникають углиб структури носія. Після випаровування рідкої фази під впливом вбудованих сушильних систем, пігмент надійно фіксується всередині полімерної матриці [16]. Це гарантує стійкість відбитка до стирання, вологи та дії сонячної радіації терміном до 3 років у вуличних умовах без додаткового захисного ламінування.

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

2. Санітарно-гігієнічні та екологічні чинники: Традиційні жорсткосольвентні чорнила містять агресивний розчинник циклогексанон, який інтенсивно випаровується у повітря робочої зони, має високу токсичність та різкий запах, що вимагає проектування складних систем аварійної та загальнообмінної вентиляції з високою кратністю повітрообміну [42]. Екосольвентні чорнила нового покоління мають низький рівень емісії летких органічних сполук (ЛОС), практично позбавлені запаху та мають низький клас небезпеки для персоналу [14, 40]. Це дозволяє суттєво знизити енерговитрати на вентиляційне обладнання цеху.
3. Висока роздільна здатність та якість відтворення: Завдяки використанню сучасних п'єзоелектричних друкарських головок промислового класу з технологією змінної краплі (VSDT - Variable Size Droplet Technology) в діапазоні від 3,5 до 12 піколітрів, екосольвентний друк дозволяє досягати роздільної здатності до 1440 dpi [1, 6]. Це забезпечує точне відтворення дрібних шрифтових елементів, плавних градієнтних переходів та складних кольорних відтінків, що повністю відповідає жорстким критеріям колориметричного контролю за ДСТУ ISO 12647-8:2019 та ДСТУ ISO 13655:2017 [21, 26].

Таким чином, інженерно-технологічне поєднання рулонних композиційних ПВХ-матеріалів, вологостійких паперів та цифрового екосольвентного струминного способу друку є повністю обґрунтованим рішенням для проектуємої дільниці потужністю 2,1 млн м²/рік. Дана технологічна схема забезпечує максимальну економічну ефективність виробництва, високу конкурентоспроможність готової продукції на поліграфічному ринку України та повну відповідність сучасним нормам екологічної безпеки.

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

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Технологічний процес. Норми технологічного режиму

Технологічний процес виготовлення великоформатної рекламно-інформаційної, тентової та інтер'єрної продукції на проєктуємій дільниці базується на концепції наскрізного цифрового виробництва «Computer-to-Print» [4]. Увесь цикл переробки рулонних полімерних носіїв та спеціалізованих паперів розподіляється на три взаємопов'язані стадії: додрукарську підготовку (Prepress), безпосередньо процес цифрового струминного екосольвентного друку (Press) та післядрукарську обробку готових відбитків (Postpress) [2, 10].

Нижче наведено детальний інженерно-технологічний опис кожного етапу технологічної схеми із зазначенням параметрів контролю, температурних режимів та нормативних вимог.

2.1.1 Додрукарська підготовка (Prepress) та RIP-процесинг

Етап додрукарської підготовки є визначальним для забезпечення точного кольоровідтворення, відповідності стандартам колориметрії та геометричної точності готового виробу вимогам замовника. Процес починається з приймання цифрового макета від замовника через локальну або глобальну мережу [4].

1. Вхідний контроль та перевірка файлів: Технолог дільниці виконує інспекцію електронних файлів на відповідність технічним вимогам промислового великоформатного друку. Основними параметрами контролю на цьому етапі є: роздільна здатність растрових зображень (для надвеликих форматів від 3×6 м достатньо 72-96 dpi, для інтер'єрного друку - 150–300 dpi), колірна модель (суворо CMYK або Grayscale відповідно до ДСТУ ISO 12647-8:2019) та відсутність заблокованих шарів або шрифтів, що не переведені у векторні криві [11, 21].
2. Кольороподіл та профілювання: Оскільки різні запечатувані матеріали (банерна ПВХ-тканина, самоклейна плівка, папір Blueback) мають різну капілярну структуру, поверхневу енергію та поглинальну здатність рідкої

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

фази чорнил, для кожного типу медіа використовується індивідуальний колірний ICC-профіль [26]. Це дозволяє компенсувати розтискування крапки та забезпечити максимальне колірне охоплення без перевищення ліміту сумарного накладання фарб (Total Ink Limit), який для екозольвентних чорнил жорстко обмежується програмним забезпеченням на рівні 270–300% [14].

3. RIP-процесинг (Raster Image Processing): Перевірений та підготовлений файл відправляється на сервер растрування, де під керуванням спеціалізованого програмного софту (наприклад, Caldera RIP або Onyx) векторні та растрові елементи макета транслуються в бінарний код (растрову бітову карту), що сприймається мікропроцесорною системою керування друкарської машини [9]. На цьому ж етапі виконується технологічна розкладка (нестинг) - оптимальне автоматичне розміщення кількох макетів на ширині рулону для мінімізації технологічних відходів матеріалу [10].

2.1.2 Технологічний процес екозольвентного друку (Press)

Після завершення RIP-процесингу цифрові дані передаються на широкоформатну друкарську машину промислового класу. Технологічна схема безпосередньо процесу друку складається з таких послідовних операцій:

1. Підготовка та встановлення матеріалу: Рулон запечатаного матеріалу (банерна тканина, ПВХ-плівка або папір Blueback) розпаковується у зоні підготовки та встановлюється на шпindel системи автоматичного розмотування друкарської машини [38]. Протяжний вал проводить полотно через тракт друку. Важливим параметром є налаштування системи автоматичного регулювання натягу полотна (Take-up / Feed system), що запобігає перекошу матеріалу та утворенню зморшок під час крокового руху [25, 30].
2. Позиціонування друкарських головок: Виконується ручне або автоматичне регулювання висоти друкарського блоку (каретки) над поверхнею матеріалу (Platen Gap). Для тонких плівок та паперу висота виставляється в

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

межах 1,5–2,0 мм, для щільних литих банерів - 2,5-3,0 мм [6]. Занадто велика відстань призводить до утворення «чорнильного туману» та втрати чіткості контурів, а занизька - до ризику механічного пошкодження дюз головки об мікронерівності матеріалу [12].

3. Попередній підігрів матеріалу (Pre-heater): Перед потраплянням у зону нанесення чорнил рулонний матеріал проходить через першу зону вбудованих теплових столів при температурі 35–40 °С [7]. Це необхідно для температурної стабілізації носія, видалення залишків поверхневої вологи та «відкриття пор» полівінілхлориду за рахунок теплового розширення, що суттєво покращує подальшу адгезію чорнил [14, 19].
4. Нанесення чорнил (Формування зображення): Каретка з п'єзоелектричними друкарськими головками здійснює зворотно-поступальний рух перпендикулярно напрямку ходу рулону. Під дією електричних імпульсів мікроп'єзоелементи виштовхують краплі чорнила об'ємом від 3,5 до 12 пл (технологія змінної краплі VSDT) через мікродюзи [1]. У зоні друку (Print-heater) підтримується температура стола 38–42 °С, при якій гліколеві ефіри чорнила починають контрольовано взаємодіяти з ПВХ-матрицею матеріалу, забезпечуючи дифузійне закріплення пігменту всередині носія [8, 12].
5. Фіксація та остаточне сушіння (Post-heater): Задруковане полотно переміщується у третю зону теплового стола (температура 45–55 °С), де відбувається інтенсивне випаровування залишків екосольвентного розчинника та остаточна полімеризація смол, що зв'язують пігмент [14]. Для прискорення процесу на виході з машини встановлюється додатковий навісний блок зовнішнього інфрачервоного сушіння та обдуву повітряними вентиляторами [6].
6. Намотування у рулон: Повністю висушений матеріал за допомогою інфрачервоного датчика контролю провисання петлі полотна автоматично змотується у приймальний рулон на системі смотування (Take-up system) [30].

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

2.1.3 Післядрукарська обробка готової продукції (Postpress)

Отримані рулони з віддрукованими зображеннями транспортуються до зони післядрукарської обробки за допомогою внутрішньоцехових візків, де їм надають остаточного товарного вигляду відповідно до конструкційних вимог замовлення [2, 35].

1. Технологічна витримка (Дегазація): Перед подальшими механічними операціями рулони з екосольвентним друком повинні пройти фазу стабілізації (кондиціонування) протягом 12–24 годин для повного виведення мікрозалишків розчинників з товщі ПВХ [14]. Ігнорування цього етапу при виготовленні самоклеїних плівок може призвести до руйнування клейового шару або утворення пухирів після монтажу на об'єкт [17].
2. Подовжнє та поперечне різання (Тримування): Рулони розпускаються на окремі вироби за допомогою високоточних ручних або електричних широкоформатних тримерів, а також планшетних різальних плотерів [5]. Контролюється точність лінійного різку та відповідність габаритним розмірам. Відходи матеріалу на обрізку полів фіксуються у матеріальному балансі [27].
3. Захисне ламінування (опціонально для плівок): Для графіки, що піддаватиметься інтенсивному механічному зносу, дії хімічних речовин або тертю (підлогова графіка, брендування автотранспорту), передбачено процес холодного або гарячого рулонного ламінування прозорими ПВХ-плівками товщиною 30–50 мкм [13].
4. Зварювання та підгинання країв (для банерів): Великоформатні банери великої площі зварюються з окремих смуг у єдине полотно за допомогою автоматичних або напіваавтоматичних апаратів гарячого повітря. Температура зварювання ПВХ-композиту становить 400–500 °С залежно від щільності тканини [15]. Також виконується підгинання та проварювання периметра банера для формування міцного двошарового краю під встановлення кріплень.

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

5. Встановлення люверсів: По периметру провареного краю банера за допомогою напівавтоматичних або пневматичних пресів пробиваються отвори та запресовуються металеві оцинковані або пластикові кільця (люверси) з кроком 20–30 см [5]. Це забезпечує надійне кріплення банера до металоконструкції під час подальшого експонування.
6. Контроль якості, пакування та складування: Готові вироби проходять фінальний візуальний контроль на відсутність полосіння (бендінгу), непродруківок або механічних дефектів. Самоклеїні плівки та папір скочуються в рулони друком всередину на картонні гільзи, банери акуратно згортаються в тубуси або складаються «конвертом», маркуються та переміщуються на склад готової продукції [29, 35].

2.2 Вибір обладнання для забезпечення технологічного процесу

Для проектованої дільниці цифрового широкоформатного друку є критично важливим етапом інженерного проєктування. Обладнання повинно повністю забезпечувати виконання заданої річної програми випуску готової продукції з урахуванням технологічних відходів матеріалів, гарантувати стабільну якість відбитків та відповідати сучасним критеріям автоматизації хіміко-технологічних процесів [2, 10].

2.2.1 Вибір основного технологічного устаткування

Для друку всього обсягу банерної продукції, самоклеїних полімерних плівок та спеціалізованих постерних паперів на дільниці обрано високовиробничий екосольвентний широкоформатний плоттер Roland VersaEXPRESS RF-640 (виробництва Японії), який успішно експлуатується на передових поліграфічних підприємствах галузі [41]. Дане устаткування поєднує в собі високу прецизійність позиціонування каретки, промислову надійність системи автоматизованого натягу та змотування рулонного носія (Take-up system) і оптимальну швидкість друку для комерційної та інтер'єрної графіки [6, 30].

Основними вихідними даними для інженерного розрахунку необхідної кількості одиниць обладнання є:

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

- Загальна площа рулонного матеріалу, яку необхідно задрукувати за рік (сумарний вхідний потік банера, плівки та паперу з урахуванням технологічних відходів, розрахованих у підрозділі 2.3):
 $S_{\text{заг}}=2\ 188\ 200\text{м}^2/\text{рік};$
- Річний ефективний фонд робочого часу обладнання при двозмінному режимі роботи (250 робочих днів, 2 зміни по 8 годин, з урахуванням планово-попереджувальних ремонтів (ППР), технічного обслуговування друкарських головок та регламентних зупинок) відповідно до нормативів технологічного проектування становить: $T_{\text{еф}}=3850\text{год}/\text{рік}$ [27, 33];
- Технічна (експлуатаційна) швидкість друку плоттера Roland RF-640 у режимі стандартної виробничої якості (виробничий режим 4 паси, роздільна здатність 720×720 dpi) становить: $V_{\text{тех}}=48,5\ \text{м}^2/\text{год}$ [41].

Розрахунок необхідної кількості друкарських машин здійснюється за галузевою методикою за формулою [27, 28]:

$$N_{\text{розр}} = \frac{S_{\text{заг}}}{V_{\text{тех}} \times T_{\text{еф}}} \quad (2.1)$$

де $S_{\text{заг}}$ - загальна площа рулонного матеріалу, яку необхідно обробити за рік, $\text{м}^2/\text{рік};$

$V_{\text{тех}}$ - експлуатаційна продуктивність (швидкість друку) обраного плоттера у затвердженому режимі якості, $\text{м}^2/\text{год};$

$T_{\text{еф}}$ - ефективний річний фонд робочого часу одиниці обладнання, год.

Підставимо розраховані у матеріальному балансі числові значення у формулу (2.1):

$$N_{\text{розр}} = \frac{2\ 188\ 200}{48,5 \times 3850} = \frac{2\ 188\ 200}{186725} = 11,72$$

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

Приймаємо проектну кількість обладнання шляхом округлення розрахованого значення до найближчого більшого цілого числа [33]. Таким чином, прийнята кількість широкоформатних плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640 становить: $N_{\text{прийм}} = 12$ од.

Примітка: Така кількість обладнання повністю обґрунтована великим промисловим масштабом дільниці (понад 2 млн м² на рік) та дозволяє гнучко розподіляти великі потоки замовлень між верстатами без зупинки всього виробництва [10].

Після визначення прийнятої кількості устаткування розраховуємо коефіцієнт його завантаження ($K_{\text{зав}}$) за формулою (2.2)[27]:

$$k_{\text{зав}} = \frac{V_{\text{вал}}}{N_{\text{прийм}} \cdot P_{\text{експ}} \cdot F_{\text{еф}}} \quad (2.2)$$

де:

$V_{\text{вал}}$ — загальна площа рулонного матеріалу (2 188 200 м²);

$N_{\text{прийм}}$ — прийнята кількість обладнання (12 одиниць);

$P_{\text{експ}}$ — експлуатаційна продуктивність плотера Roland RF-640 (48,5 м²/год);

$F_{\text{еф}}$ — ефективний річний фонд часу (3850 год).

Підставивши значення, отримуємо:

$$k_{\text{зав}} = \frac{2188200}{12 \cdot 48,5 \cdot 3850} \approx 0,98$$

Високий коефіцієнт завантаження обладнання ($k_{\text{зав}} \approx 0,98$) свідчить про раціональне, збалансоване та інтенсивне використання парку верстатів, а також мінімізує надлишкові капітальні витрати на організацію виробничої площі дільниці [31, 36].

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

Технічні характеристики обраного основного технологічного обладнання, що взяті з офіційної технічної документації виробника, наведено в таблиці 2.1 [41].

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики обраного основного технологічного обладнання.

Найменування параметра	Значення параметра
Технологія друку	П'єзоелектричний струминний друк
Тип чорнила	Екосольвентні (Eco-Sol MAX 2)
Максимальна ширина матеріалу, мм	1625 (64 дюйми)
Максимальна ширина області друку, мм	1615
Максимальна роздільна здатність друку, dpi	1440×1440
Максимальна швидкість друку, м ² /год	48,5
Інтерфейс підключення	Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX)
Габаритні розміри (Ш × Г × В), мм	2575 × 795 × 1270
Маса обладнання (зі стендом), кг	140

Впровадження 12 одиниць плоттерів Roland RF-640 дозволить забезпечити безперебійне виконання виробничої програми, високу взаємозамінність обладнання у разі проведення планового технічного обслуговування друкарських головок та гарантує стабільну якість випуску великих накладів комерційної та інтер'єрної графіки [4, 11].

2.2.2 Організація технічного контролю на дільниці

Організація комплексної системи технічного контролю на проектуемій дільниці є визначальним фактором для забезпечення стабільної якості випуску великоформатної та інтер'єрної продукції, мінімізації технологічного браку та

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

підвищення загальної конкурентоспроможності підприємства. Відповідно до стандартів серії ДСТУ ISO 9001:2015, контроль якості на дільниці цифрового екосольвентного друку має наскрізний характер і реалізується у вигляді трьох послідовних етапів: вхідного, операційного (технологічного) та вихідного (фінального) контролю [10, 21].

Головною посадовою особою, яка відповідає за функціонування цієї системи, є майстер дільниці (технолог), який безпосередньо взаємодіє з операторами друку та робітниками післядрукарської обробки [31].

2.2.3 Вхідний контроль сировини та матеріалів

Вхідний контроль здійснюється комірником та технологом у зоні приймання складського господарства до моменту передачі матеріалів безпосередньо у виробничий цех. Його мета — запобігання потраплянню в друкарський тракт некондиційного або дефектного приладдя, що може спричинити пошкодження коштовних друкарських головок Roland DX7 або призвести до невиправного браку накладу [6, 14].

Основними об'єктами вхідного контролю є [27, 38]:

1. Запечатувані рулонні матеріали (ПВХ-банери, плівки, папір):

- Візуальний контроль: Перевірка цілісності пакування, відсутності механічних пошкоджень торців рулону, деформацій картонної гільзи (шпулі), зморшок або заломів на поверхні матеріалу.
- Фізико-хімічний контроль: Контроль рівномірності товщини носія за допомогою мікрометра та перевірка відсутності масляних плям чи пилу на лицьовій стороні, оскільки вони повністю блокують адгезію екосольвентного чорнила.
- Технологічна акліматизація: Усі рулони перед друком повинні обов'язково витримуватися у приміщенні цеху протягом 12–24 годин для вирівнювання температури та вологості (температура 20–24 °С,

					4ВП9.026.186.001 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вологість 40–60 %), що запобігає лінійній деформації носія під час нагрівання на теплових столах плоттера [14].

2. Друкарські екосольвентні чорнила:

- Контроль терміну придатності та герметичності оригінальної тари (картриджів або каністр для СНПЧ).
- Контроль відповідності серії та партії чорнила, що критично для стабільності колориметричних показників та збереження працездатності дюз [41].

2.2.4 Операційний (технологічний) контроль процесу виробництва

Операційний контроль здійснюється безпосередньо операторами широкоформатних плоттерів у режимі реального часу під час виконання друкарського процесу (стадія Press) та робітниками на стадії фінішної обробки (Postpress) [4, 10].

На етапі підготовки та безпосереднього друку контролюються такі параметри [7, 12, 41]:

- Параметри RIP-процесингу: Відповідність роздільної здатності файлу (dpi) та лінійних розмірів макета технічному завданню, коректність вибору активованого ICC-профілю під конкретну марку ПВХ-плівки чи банера [9, 26].
- Висота каретки (Platen Gap): Зазор між сопловою пластиною друкарської головки та матеріалом жорстко контролюється за допомогою калібрувального щупа (1,5 мм для плівок, до 3,0 мм для щільних банерів).
- Температурні режими теплових столів: Це один із найважливіших фізико-хімічних параметрів екосольвентного друку. За допомогою вбудованих цифрових термодатчиків плоттера Roland RF-640 оператор безперервно контролює три зони [6, 14]:

1. Попередній підігрів (Pre-heater): 38–40 °C (підготовка матеріалу);

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

2. Зона друку (Print-heater): 40–42 °C (дифузія пігменту в ПВХ);
3. Фінальна сушка (Post-heater): 48–52 °C (випаровування розчинника).

- Стан дюз (Nozzle Check): Перед початком кожного накладу та після кожних 50 погонних метрів друку оператор виконує тестовий друк сітки дюз для виявлення забитих сопел чи «косострумності». У разі дефектів негайно активується процедура автоматичного очищення (Cleaning) [41].
- Точність кроку подачі (Step Calibration): Контроль відсутності світлих або темних смуг (бендінгу), що свідчить про мікроперекіс або неправильне налаштування фрикційного валу подачі рулону [12].

На етапі післядрукарської обробки операційний контроль включає перевірку міцності зварного шва банерної тканини (візуально на відсутність пропалів ПВХ-основи), перевірку кроку встановлення та надійності затискання люверсів, а також контроль відсутності повітряних пухирів чи зморшок після рулонного ламінатора [5, 15].

2.2.5 Вихідний (фінальний) контроль готової продукції

Вихідний контроль є завершальною стадією і виконується на спеціальних великих переглядових столах фінішного відділення дільниці перед пакуванням виробів [35]. Контроль якості готових відбитків базується на вимогах ДСТУ 4489:2005 та міжнародного стандарту ДСТУ ISO 12647-8:2019 (для цифрових пробних відбитків та тиражних рішень) [11, 45].

Фінальна інспекція складається з двох методів [4, 10, 27]:

1. Візуальний контроль (Органолептичний): Проводиться при стандартизованому освітленні (близькому до джерела D50). Контролюється загальний вигляд виробу, повна відсутність подряпин, відшарувань фарби, непродрукованих точок (кратерів), суміщення технологічних міток різку, точність геометричних розмірів по периметру за допомогою лазерної рулетки.

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

2. Інструментальний (Колориметричний) контроль: Для відповідальних замовлень (інтер'єрний друк, корпоративні кольори бренд-буків) контроль точності кольоровідтворення виконується об'єктивним методом за допомогою портативного спектрофотометра (наприклад, X-Rite i1Pro) [4]. Вимірюються оптичні щільності плашок базових кольорів СМУК та величина колірної відмінності ΔE . Відповідно до ДСТУ ISO 12647-8, значення колірного відхилення для основних відтінків не повинно перевищувати $\Delta E \leq 3,0$, а для полів контрольної шкали - $\Delta E \leq 4,0$ що гарантує ідеальну візуальну відповідність цифровому оригіналу [11, 26].

Вироби, що пройшли всі етапи контролю, маркуються спеціальним технологічним штампом якості, заносяться до електронного журналу обліку готової продукції дільниці та передаються на пакування й транспортування до складу [29, 31].

2.3 Матеріальні розрахунки

Матеріальні розрахунки є одні з найважливіших етапів інженерного проектування дільниці. Вони дозволяють визначити точну потребу у вихідній сировині, основних, допоміжних та пакувальних матеріалах, що необхідні для забезпечення безперебійного виконання заданої річної виробничої програми [27]. Отримані в цьому підрозділі кількісні дані слугують технологічною основою для подальшого розрахунку ємності складських приміщень, підбору парку друкарського та післядрукарського обладнання, а також для розрахунку техніко-економічних показників і собівартості квадратного метра готової продукції в економічній частині проекту [31, 36].

Вихідним параметром для складання матеріального балансу є планова річна потужність дільниці, яка за технічним завданням становить $N_{\text{заг}} = 2,1$ млн²/рік (2 100 000 м²/рік). Відповідно до затвердженої у підрозділі 1.1 структури асортименту, річний обсяг корисної площі готових відбитків ($S_{\text{кор}}$) за типами носіїв розподіляється наступним чином [38]:

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

- Банерна ПВХ-тканина (40 %): $S_{\text{кор.бан}}=840\,000\text{м}^2/\text{рік}$;
- Самоклейна ПВХ-плівка (40 %): $S_{\text{кор.плів}}=840\,000\text{м}^2/\text{рік}$;
- Постерний папір Blueback (20 %): $S_{\text{кор.пап}}=420\,000\text{м}^2/\text{рік}$

Виробнича потужність дільниці визначена відповідно до завдання та становить 2 100 000 м²/рік готової продукції. З урахуванням технологічних втрат під час друку, приладки обладнання, обрізки країв та контролю якості (коефіцієнт втрат прийнято рівним 4,2% відповідно до нормативів [35]), загальний обсяг матеріалів, що підлягають закупівлі та обробці, становить 2 188 200 м²/рік. Усі подальші розрахунки потреби в сировині та собівартості продукції базуються на цьому валовому обсязі, що забезпечує виконання річного плану виробництва готової продукції у повному обсязі.

2.3.1 Розрахунок потреби у запечатуваних рулонних матеріалах

Під час виготовлення великоформатної цифрової продукції виникають неминучі технологічні відходи матеріалу. Вони пов'язані з необхідністю заправлення рулонного полотна в протяжний тракт друкарської машини (приладка), наявністю незадрукованих технічних полів по краях рулону для коректної роботи датчиків кроку, відходами при подовжньому та поперечному різанні на тримерах під обрізний формат, а також із припусками на підгинання, посилення та гаряче зварювання країв банерів під встановлення люверсів [5, 15].

Відповідно до галузевих нормативів технологічного проектування цифрових широкоформатних виробництв [10, 27], для проектуємої дільниці встановлено такі норми технологічних відходів та втрат (α):

- Для банерної тканини (враховуючи складну післядрукарську обробку):
 $\alpha_{\text{бан}}=5,0\%$
- Для самоклеїної полімерної плівки (враховуючи приладку ламінатора):
 $\alpha_{\text{плів}}=4,0\%$;
- Для постерного вологостійкого паперу: $\alpha_{\text{пап}}=3,0\%$

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

Загальна площа матеріалу, яку необхідно замовити у постачальників та подати на виробництво з урахуванням відходів ($S_{\text{заг}}$), розраховується для кожного виду носія окремо за формулою (2.3) [28]:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{кор}} \times \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \quad (2.3)$$

Проведемо послідовний інженерний розрахунок річної потреби в матеріалах:

1. Банерна ПВХ-тканина (Frontlit/Backlit):

$$S_{\text{заг.бан}} = 840\,000 \times \left(1 + \frac{5,0}{100}\right) = 840\,000 \times 1,05 = 882\,000 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Абсолютний обсяг технологічних відходів банерної тканини становить:

$$\Delta S_{\text{бан}} = S_{\text{заг.бан}} - S_{\text{кор}} \quad (2.4)$$

$$\Delta S_{\text{бан}} = 882\,000 - 840\,000 = 42\,000 \text{ м}^2/\text{рік}$$

2. Самоклейна ПВХ-плівка (Oracal/Ritrama):

$$S_{\text{заг.плів}} = 840\,000 \times \left(1 + \frac{4,0}{100}\right) = 840\,000 \times 1,04 = 873\,600 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Абсолютний обсяг технологічних відходів самоклейної плівки становить:

$$\Delta S_{\text{плів}} = 873\,600 - 840\,000 = 33\,600 \text{ м}^2/\text{рік}$$

3. Постерний папір (Blueback/Citylight):

$$S_{\text{заг.пап}} = 420\,000 \times \left(1 + \frac{3,0}{100}\right) = 420\,000 \times 1,03 = 432\,600 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Абсолютний обсяг технологічних відходів паперу становить:

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

$$\Delta S_{\text{пап}} = 432\,600 - 420\,000 = 12\,600 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Загальна кількість запечатуваних рулонних матеріалів, що повинна надійти на дільницю протягом року, становить:

$$S_{\text{заг.всього}} = S_{\text{заг.бан}} + S_{\text{заг.плів}} + S_{\text{заг.пап}}, \quad (2.5)$$

$$S_{\text{заг.всього}} = 882\,000 + 873\,600 + 432\,600 = 2\,188\,200 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Сумарний обсяг твердих технологічних відходів (підлягають подальшій утилізації за розділом охорони довкілля) [42, 50]:

$$\Delta S_{\text{всього}} = \Delta S_{\text{бан}} + \Delta S_{\text{плів}} + \Delta S_{\text{пап}} \quad (2.6)$$

$$\Delta S_{\text{всього}} = 42\,000 + 33\,600 + 12\,600 = 88\,200 \text{ м}^2/\text{рік}$$

2.3.2 Розрахунок потреби в екосольвентних чорнилах тріади СМҮК

Витрата чорнил у широкоформатному цифровому друці визначається фізичними характеристиками друкарських головок (мінімальним об'ємом краплі в піколітрах), роздільною здатністю друку (dpi) та середнім відсотком колірного наповнення (задруковки) макетів, що проходять через виробництво [11, 12]. Для отримання повноколірних зображень використовується стандартна субтрактивна тріадна система СМҮК (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black) [4].

Згідно з науково-практичними дослідженнями експлуатації промислових п'єзоелектричних принтерів [14], середня базова питома витрата екосольвентного чорнила усіх чотирьох кольорів сумарно при 100 % суцільній заливці (плашці) становить $q_{\text{баз}} = 12 \text{ мл/м}^2$. Оскільки реальний потік замовлень складається з комбінації тексту, графіки та фотозображень, у проектуванні приймається усереднений коефіцієнт барвистості (заливки) на рівні $K_{\text{зал}} = 45$ від максимального теоретичного [10].

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

Таким чином, середня експлуатаційна питома витрата рідкого чорнила на 1 м² корисної площі готової продукції становить:

$$q_{\text{експ}} = q_{\text{баз}} \times \frac{K_{\text{зал}}}{100} = 12 \times 0,45 = 5,4 \text{ мл/м}^2 \quad (2.7)$$

Окрім нанесення на матеріал, частина чорнила витрачається на регламентні автоматичні процедури обслуговування друкарських головок (помпування при старті зміни, прочищення дюз (clean/purge), сніжинг під час друку та утримання головок у вологому стані в кап-зоні) [6, 12]. Відповідно до нормативів, цей технологічний надлишок становить $\beta=8\%$ від обсягу корисного друку.

Повна питома витрата чорнила з урахуванням обслуговування обладнання становить:

$$q_{\text{повна}} = q_{\text{експ}} \times \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = 5,4 \times \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 5,4 \times 1,08 = 5,832 \text{ мл/м}^2 \quad (2.8)$$

Річна потреба в екосольвентному чорнилі для виконання всієї виробничої програми друку (2 100 000 м²) складатиме:

$$V_{\text{чорн}} = S_{\text{кор.всього}} \times q_{\text{повна}} = 2\,100\,000 \times 5,832 = 12\,247\,200 \text{ мл} = 12\,247,2 \text{ літрів/рік}$$

Згідно з галузевими методиками усередненого розрахунку матеріальних потоків мультисюжетного виробництва [4, 27], розподіл витрати чорнил за чотирма базовими кольорами тріади СМҮК приймається рівномірним (по 25 % на кожен колір):

- Cyan (Блакитний): $V_C = 12\,247,2 \times 0,25 = 3\,061,8 \text{ л/рік}$;
- Magenta (Пурпурний): $V_M = 12\,247,2 \times 0,25 = 3\,061,8 \text{ л/рік}$;
- Yellow (Жовтий): $V_Y = 12\,247,2 \times 0,25 = 3\,061,8 \text{ л/рік}$;
- Black (Чорний): $V_K = 12\,247,2 \times 0,25 = 3\,061,8 \text{ л/рік}$.

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

Важливим допоміжним рідким матеріалом є спеціалізований промивний розчин (Flush / Solvent Cleaner), який складається з суміші гліколевих ефірів без пігменту. Він використовується персоналом для щоденного ручного чищення каретки, вайперів, паркувальних зон та консервації друкарських головок під час вихідних днів [14]. Річний обсяг споживання промивної рідини приймається нормативно у розмірі 5 % від загального обсягу закупівлі чорнил:

$$V_{\text{флюш}} = V_{\text{чорн}} \times 0,05 = 12\,247,2 \times 0,05 = 612,36 \text{ л/рік} \quad (2.9)$$

2.3.3 Зведена таблиця матеріального балансу дільниці

На основі виконаних інженерно-технологічних розрахунків формується підсумковий матеріальний баланс дільниці великоформатного екосольвентного друку, який наочно відображає вхідні та вихідні матеріальні потоки (Таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Зведений матеріальний баланс дільниці потужністю 2,1 млн м²/рік.

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Корисний вихід (Готова продукція)	Технологічні відходи та втрати	Загальна потреба (Вхідний потік)
1	2	3	4	5
Запечатувачі носії:				
Банерна ПВХ-тканина	м2	840 000,00	42 000,00	882 000,00
Самоклейна ПВХ-плівка	м2	840 000,00	33 600,00	873 600,00

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

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
Постерни й папір Blueback	м2	420 000,00	12 600,00	432 600,00
Разом носіїв:	м2	2 100 000,00	88 200,00	2 188 200,00
Друкарсь кі чорнила:				
Чорнила Cyan (C)	літр	2 835,00	226,8	3 061,80
Чорнила Magenta (M)	літр	2 835,00	226,8	3 061,80
Чорнила Yellow (Y)	літр	2 835,00	226,8	3 061,80
Чорнила Black (K)	літр	2 835,00	226,8	3 061,80
Разом чорнил:	літр	11 340,00	907,2	12 247,20
Допоміжн і рідини:				
Промивн ий розчин (Flush)	літр	—	612,36	612,36

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

Аналіз розрахованого матеріального балансу показує, що для забезпечення чистого корисного випуску у 2 100 000 м² готових виробів, складська та логістична системи підприємства повинні забезпечити приймання, належне зберігання та подачу у цех 2 188 200 м² рулонних носіїв та 12 247,2 літрів хімічних екосольвентних чорнил на рік [29, 38]. Коефіцієнт корисного використання запечатуваних матеріалів перебуває на високому рівні (близько 96 %), що підтверджує раціональність та високу технологічну ефективність обраного цифрового способу виробництва.

2.4 Технологічні розрахунки та матеріалоемність

У даному підрозділі здійснено розрахунок виробничої потужності дільниці, визначено коефіцієнт завантаження обладнання та показники матеріалоемності, що є ключовими для оцінки ефективності проектування відповідно до методик [27, 33].

2.4.1 Розрахунок виробничої програми та завантаження обладнання

Річна виробнича програма дільниці становить 2 100 000 м² готової продукції. З урахуванням технологічних відходів (розрахованих у п. 2.3), загальний обсяг обробки матеріалів становить 2 188 200 м² [28]. Розрахунок необхідної кількості обладнання базується на ефективному фонді часу та продуктивності одного плоттера Roland VersaEXPRESS RF-640. Прийнята кількість у 12 одиниць забезпечує виконання програми при двозмінному режимі роботи [41].

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

Розраховується як відношення фактичного часу роботи обладнання до планового фонду часу [27]:

$$K_{зав} = \frac{T_{факт}}{T_{фонд}} \approx 0,98 \quad (2.10)$$

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

Значення 0,98 свідчить про високу інтенсивність використання парку верстатів, що забезпечує виконання плану без перевантаження технічних вузлів та мінімізує надлишкові капітальні витрати [31, 36].

2.4.2 Розрахунок матеріалоемності продукції

Матеріалоемність (M_e) визначає кількість сировини, необхідну для виготовлення 1 м² готової продукції. Вона враховує як корисну площу, так і технологічні втрати, згідно з галузевими нормами [10, 27]:

$$M_e = \frac{Q_{\text{вх\ddot{d}}}}{Q_{\text{вих}}} = \frac{2188200}{2100000} \approx 1,042 \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (2.11)$$

Показник 1,042 м²/м² є високим стандартом для цифрового широкоформатного виробництва, що підтверджує раціональність використання матеріалів та мінімізацію відходів [29, 38].

2.4.3 Розрахунок чисельності основних робітників-друкарів

Основними виробничими робітниками на проектуемій ділянці є оператори широкоформатного цифрового друку (друкарі). Розрахунок явочної чисельності друкарів ($N_{\text{яв.др}}$) в одну зміну базується на прийнятій кількості основного обладнання та встановленій галузевій нормі обслуговування [27]:

$$N_{\text{яв.др}} = \frac{N_{\text{прийн}}}{K_{\text{обс}}} \quad (2.12)$$

де $N_{\text{прийн}}$ - прийнята кількість широкоформатних плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640 (розрахована у підрозділі 1.4), од.;

$K_{\text{обс}}$ - норма обслуговування (кількість верстатів, яку одночасно обслуговує один оператор відповідно до галузевих нормативів для рулонного цифрового друку), $K_{\text{обс}}=4\text{од./робітника}$ [10].

Підставимо числові значення у формулу (2.12):

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

$$N_{\text{яв.др}} = \frac{12}{4} = 3 \text{ робітників/зміну}$$

Враховуючи затверджений двозмінний режим роботи дільниці (2 зміни по 8 годин), сумарний явочний склад друкарів на добу ($N_{\text{яв.доба}}$) становитиме:

$$N_{\text{яв.доба}} = N_{\text{яв.др}} \times 2 = 3 \times 2 = 6 \text{ робітників/добу} \quad (2.13)$$

Для переходу від явочної чисельності до штатної (списочної) використовується коефіцієнт списочного складу ($K_{\text{сп}}$), який враховує планові невиходи на роботу (відпустки, лікарняні) відповідно до балансу робочого часу одного робітника. Для поліграфічних підприємств із безперервним або циклічним тижневим графіком цей коефіцієнт нормативно приймається на рівні $K_{\text{сп}} = 1,12$ [33, 39].

Штатна чисельність друкарів ($N_{\text{шт.др}}$) розраховується за формулою [27]:

$$N_{\text{шт.др}} = N_{\text{яв.доба}} \times K_{\text{сп}} = 6 \times 1,12 = 6,72 \quad (2.14)$$

Приймаємо штатну чисельність друкарів шляхом округлення до найближчого цілого числа: $N_{\text{прийн.др}} = 7$ чоловік

2.4.4 Розрахунок чисельності робітників післядрукарської обробки

Робітники післядрукарської обробки (післядрукарі, різники, макетники) виконують операції з подовжнього та поперечного різання рулонів на тримерах, гарячого зварювання банерних полотен, ламінування самоклеючих плівок та встановлення металевих люверсів за допомогою пневматичних пресів [5, 15].

З огляду на великі обсяги готової продукції (2,1 млн м²/рік) та високий рівень механізації післядрукарського відділення, явочна чисельність бригади післядрукарів приймається нормативно на основі поопераційного завантаження ліній обробки [33]:

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

- Оператори широкоформатних тримерів та різальних плотерів: 3 робітники в зміну;
- Оператори зварювальних апаратів гарячого повітря та пресів для люверсування: 3 робітники в зміну.

Таким чином, загальний явочний склад післядрукарів в одну зміну становить $N_{\text{яв.пд}}=6$ робітників.

Сумарний явочний склад на добу (для двох змін), за формулою (2.13):

$$N_{\text{яв.пд.доба}}=6 \times 2=12 \text{ робітників/добу}$$

Розраховуємо штатну чисельність робітників післядрукарської обробки з урахуванням коефіцієнта підміни, за формулою (2.14):

$$N_{\text{шт.пд}}=12 \times 1,12=13,44$$

Округляємо до цілого числа й приймаємо штатну чисельність післядрукарів: $N_{\text{прийн.пд}}=14$ чоловік.

2.4.5 Допоміжний та обслуговуючий персонал дільниці

Для забезпечення безперебійної роботи дільниці, проведення планового технічного обслуговування електроніки та гідравлічних систем плоттерів Roland, а також для виконання складських та логістичних операцій, до штату дільниці вводиться допоміжний персонал [29, 35]:

1. Майстер дільниці (технолог): 1 чоловік у зміну (забезпечує контроль якості за ДСТУ ISO 12647-8:2019, приймання файлів та загальне керівництво). Разом у штаті - 1 чоловік.
2. Інженер-електронік (налагоджувальник устаткування): 1 чоловік у штаті (забезпечує юстування та очищення друкарських головок, калібрування колірних профілів ICC).

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

3. Комірник (логіст складського господарства): 1 чоловік у зміну (приймання важких рулонів ПВХ та бочок із чорнилом, видача готової продукції).
Разом у штаті - 1 чоловік.

2.4.6 Зведена відомість штатного розкладу дільниці

На основі проведених інженерно-економічних розрахунків складається підсумкова відомість штатного розкладу проектуємої виробничої дільниці (Таблиця 2.3) [31].

Таблиця 2.3 - Підсумкова відомість штатного розкладу проектуємої виробничої дільниці.

Категорія персоналу та посада	Явочна чисельність (в одну зміну), чол.	Добовий явочний склад (дві зміни), чол.	Штатна (списочна) чисельність, чол.
1	2	3	4
1. Основні виробничі робітники:			
Оператор широкоформатного друку (друкар)	3	6	7
2. Допоміжні робітники:			
Робітник післядрукарської обробки (різник/макетник)	6	12	14
Комірник-вантажник	0,5	1	1
Інженер-налагоджувальник (електронік)	—	—	1

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

Продовження таблиці 2.3			
1	2	3	4
3. Інженерно-технічні працівники (ІТП):			
Майстер дільниці (технолог)	0,5	1	1
УСЬОГО ПО ДІЛЬНИЦІ:	10	20	24

Впровадження штату у кількості 24 співробітників дозволить повністю забезпечити двоє змінне інтенсивне завантаження 12 плоттерів Roland RF-640, гарантує високу швидкість обробки рулонів на фінішних стадіях та мінімізує вплив людського фактора на якість готової рекламно-інтер'єрної продукції [4, 11].

2.5 Ресурсозбереження та матеріаломісткість

Оптимізація використання ресурсів є невід'ємною частиною технологічного процесу друкарської дільниці. В даному проекті заходи з ресурсозбереження базуються на впровадженні сучасного обладнання та вдосконаленні системи нормування витрат сировини.

Матеріаломісткість виробництва розраховується з урахуванням планового обсягу готової продукції (2 100 000 м²) та нормативних технологічних втрат, що виникають під час друку, приладки та фінішної обробки. Коефіцієнт технологічних відходів прийнято рівним 4,2% відповідно до галузевих нормативів.

Основні показники матеріального балансу дільниці наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахунок потреби в основних матеріалах

Показник	Значення	Од. вим.
Обсяг готової продукції (нетто)	2 100 000	м ²
Технологічні втрати (4,2%)	88 200	м ²
Валовий обсяг матеріалів (брутто)	2 188 200	м ²

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

Питома матеріаломісткість процесу визначається за формулою (2.2):

$$M_{\text{уд}} = \frac{V_{\text{вал}}}{Q_{\text{год}}} \quad (2.15)$$

де: $M_{\text{уд}}$ - питома матеріаломісткість, м²/м²;

$V_{\text{вал}}$ - валовий обсяг матеріалів, 2 188 200 м²;

$Q_{\text{год}}$ - обсяг готової продукції, 2 100 000 м².

Розрахунок за формулою (2.15) свідчить, що $M_{\text{уд}} \approx 1,042$, що відповідає прийнятому нормативу витрат.

Заходи з ресурсозбереження:

1. Вибір обладнання (плотери Roland VersaEXPRESS RF-640) забезпечує економну витрату екосольвентного чорнила (8-10 мл/м²) та автоматизацію контролю подачі матеріалу, що мінімізує брак.
2. Оптимізація розкрою матеріалів дозволяє суттєво зменшити кількість відходів під час друку великих накладів.
3. Раціональна організація робочого процесу дозволяє знизити енергоємність продукції за рахунок скорочення часу простою обладнання.

2.6 Розрахунок площі дільниці та компоновання

Раціональне планування виробничих площ та правильне розміщення технологічного устаткування є базовою умовою для забезпечення високої продуктивності праці, оптимізації внутрішньоцехової логістики (руху рулонів сировини та готової продукції), а також забезпечення безпечних і здорових умов праці відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010 та ДСН 3.3.6.042-99 [32, 42].

При проектуванні дільниці цифрового широкоформатного екосольвентного друку площу приміщення розподіляють на три основні зони [2, 8]:

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

1. Основна виробнича зона (зона друку): де безпосередньо розміщується парк із 12 широкоформатних плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640 та робочі місця операторів-друкарів.
2. Зона післядрукарської обробки та комплектації: де встановлюються столи для розкрою та тримування, широкоформатні ламінатори, зварювальні апарати та преси для встановлення люверсів [5, 15].
3. Допоміжна зона (складська та логістична): призначена для тимчасового зберігання акліматизованих рулонів сировини (банери, плівки, папір), стелажів із чорнилом, зони дегазації віддрукованих рулонів та ділянки тимчасового зберігання пакованої готової продукції перед її відправкою на склад [29, 38].

2.6.1 Розрахунок площі, яку займає безпосередньо технологічне устаткування

Загальна корисна площа, яку займає безпосередньо все технологічне обладнання ділянки ($F_{\text{обл}}$), розраховується як сума площ контурів (габаритів) кожної одиниці устаткування за формулою (2.16) [27]:

$$F_{\text{обл}} = \sum (B_i \times L_i \times N_i) \quad (2.16)$$

де B_i - габаритна ширина i -ї одиниці обладнання, м;

L_i - габаритна довжина (глибина) i -ї одиниці обладнання, м;

N_i - прийнята кількість одиниць обладнання даного типу, шт.

На основі технічних паспортів обладнання (включаючи основний плоттер Roland RF-640, а також допоміжні ламінатори та розкрійні столи, що використовуються на аналогічних підприємствах [5, 41]), проведемо розрахунок:

- Плоттер Roland VersaEXPRESS RF-640 (12 од.): $F_{\text{пл}} = 2,575 \times 0,795 \times 12 = 24,57 \text{ м}^2$;
- Широкоформатний рулонний ламінатор (2 од.): $F_{\text{лам}} = 2,10 \times 0,70 \times 2 = 2,94 \text{ м}^2$;

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

- Стіл технологічний для порізки та макетування (4 од.):
 $F_{\text{ст}}=3,50 \times 2,00 \times 4=28,00\text{м}^2$;
- Напівавтоматичний прес для люверсування (4 од.):
 $F_{\text{люв}}=0,60 \times 0,60 \times 4=1,44\text{м}^2$;
- Зварювальний апарат гарячого повітря для ПВХ (2 од.):
 $F_{\text{зв}}=0,50 \times 0,40 \times 2=0,40\text{м}^2$.

Сумарна площа безпосереднього контуру всього обладнання становить, за формулою (2.15):

$$F_{\text{обл}}=24,57+2,94+28,00+1,44+0,40=57,35\text{м}^2$$

2.6.2 Розрахунок загальної виробничої площі дільниці

Для визначення повної (загальної) площі виробничого цеху ($F_{\text{заг}}$), яка враховує проходи для обслуговування верстатів, зони для завантаження/розвантаження рулонів, проходи для персоналу та внутрішньоцехового транспорту (візків), а також протипожежні розриви, використовується метод коефіцієнта заставлення [27, 33]:

$$F_{\text{заг}} = \frac{F_{\text{обл}}}{K_{\text{заст}}} \quad (2.17)$$

де $K_{\text{заст}}$ - коефіцієнт заставлення площі приміщення обладнанням. Відповідно до норм технологічного проектування поліграфічних підприємств (ВНТП) для дільниць широкоформатного цифрового друку, де використовуються довгомірні рулонні матеріали та великогабаритні столи, цей коефіцієнт приймається в межах $K_{\text{заст}}=0,20-0,25$ [27, 33]. Приймаємо у проекті $K_{\text{заст}}=0,22$.

Підставимо значення у формулу (2.17):

$$F_{\text{заг}} = \frac{57,35}{0,22} = 260,68\text{м}^2$$

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

З огляду на архітектурно-будівельні модульні стандарти проектування промислових будівель (типова сітка колон для поліграфічних цехів зазвичай становить 6×6 м, 6×12 м або 12×18 м [32]), остаточно приймаємо загальну площу ділянки рівною $F_{\text{прийн}} = 288 \text{ м}^2$.

Наприклад, це може бути прямокутне приміщення цеху з лінійними розмірами 12×24 м, що є оптимальним для побудови чіткої та послідовної технологічної схеми без перехресних матеріальних потоків [10].

2.6.3 Загальні принципи планування та розстановки обладнання на чертежі

При розробці графічної частини проекту (Плану ділянки) будуть впроваджені наступні інженерні принципи розстановки обладнання [27, 35]:

1. Послідовність технологічного потоку: Устаткування розташовується строго за ходом виконання операцій (*Prepress* → *Press* → *Postpress*). Вхід рулонів сировини з одного боку цеху, вихід готової упакованої продукції - з протилежного, що виключає затори та зіткнення транспортних візків [11].
2. Групування обладнання (Печатний блок): Оскільки на ділянці проєктовано велику кількість однотипних машин (12 плоттери Roland RF-640), їх доцільно розмістити трьома паралельними рядами по 4 машини в кожному. Таке компонування дозволяє кожному оператору, що обслуговує за нормативом 4 верстати, вільно пересуватися в межах своєї робочої зони, забезпечуючи високу продуктивність праці та економію виробничої площі [10, 33].
3. Нормативи проходів та робочих зон:
 - Відстань між фронтальними сторонами плоттерів у ряду (де відбувається заміна рулонів та контроль виходу полотна) закладається не менше 1,5 м [33].
 - Відстань між тильною стороною плоттера та стіною або іншим рядом (зона подачі сировини) - не менше 1,0 м.

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

- Головні повздовжні та поперечні проходи для руху гідравлічних візків (рокл) з рулонами закладаються шириною не менше 2,0 м відповідно до правил охорони праці НПАОП 22.1-1.02-07 [40, 42].

4. Ергономіка та безпека хімічних процесів: Плоттери Roland під час друку виділяють незначну кількість гліколевих ефірів. Зона друку повинна проектуватися безпосередньо під лініями припливно-витяжної вентиляції. Столи для розкрою банерів великої площі (3,5×2,0м) виносяться в окрему зону фінішної обробки, щоб вібрації або пил від різання паперу не потрапляли на друкарські головки працюючих принтерів [12, 14].

Таким чином, обґрунтована площа у 288 м² та розроблена схема планування забезпечують максимальну ергономічність робочих місць для 24 співробітників дільниці, високу швидкість обробки матеріалів та повну відповідність усім нормам пожежної та санітарно-гігієнічної безпеки України [31, 34].

2.7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Створення безпечних і здорових умов праці, забезпечення пожежної безпеки та мінімізація антропогенного впливу на навколишнє природне середовище є невід'ємною частиною інженерного проектування сучасної дільниці промислового широкоформатного цифрового друку. Виробничий процес на дільниці пов'язаний із експлуатацією великої кількості електроустаткування (12 плоттери Roland RF-640, ламінатори, тримери), використанням хімічних речовин (екосольвентні чорнила на основі гліколевих ефірів, промивні розчини) та переробкою значних обсягів рулонних полімерних матеріалів [14, 41].

Усі заходи розроблені у суворій відповідності до Закону України «Про охорону праці», Закону України «Про управління відходами», Кодексу цивільного захисту України та чинних нормативно-правових актів з охорони праці (НПАОП) [34, 40].

2.7.1 Санітарно-гігієнічні вимоги та організація мікроклімату

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

Для забезпечення нормальної життєдіяльності та працездатності персоналу в робочій зоні виробничих приміщень підтримуються оптимальні та допустимі параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря) згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99 [33].

Для дільниці широкоформатного цифрового друку стабільність мікроклімату має як санітарне, так і суворе технологічне значення — температурні коливання впливають на в'язкість чорнил та лінійне розширення ПВХ-носіїв [12, 14]. У приміщенні цеху встановлюються такі параметри:

- Температура повітря в теплий та холодний періоди року: 21–24 °С;
- Відносна вологість повітря: 40–60 %;
- Швидкість руху повітря: не більше 0,1–0,2м/с.

Незважаючи на те, що екозольвентні чорнила нового покоління мають низький рівень емісії летких органічних сполук (ЛОС) і не містять високотоксичного циклогексанону, тривале перебування у зоні випаровування розчинників (особливо поблизу фінальних теплових столів плоттерів при температурі 50 °С) вимагає ефективного повітрообміну [6, 14]. На дільниці проектується загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням, яка розраховується на забезпечення 6–8 кратного обміну повітря за годину. Додатково безпосередньо над зоною встановлення сушильних блоків плоттерів передбачається монтаж місцевих витяжних зонтів для локалізації парів ефірів гліколю та запобігання їх поширенню по всьому цеху відповідно до ГОСТ 12.4.021-75 [42].

Рівень виробничого шуму та вібрації від роботи крокових двигунів плоттерів та систем протяжки рулонів не повинен перевищувати нормативні значення для операторських приміщень (60 дБА) згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Природне та штучне освітлення робочих місць проектується відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Для точного візуального контролю кольоровідтворення на переглядових столах фінішної обробки закладаються люмінесцентні або світлодіодні світильники із колірною температурою 5000К (джерело світла D50 за

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

ДСТУ ISO 13655:2017), які забезпечують рівень освітленості не менше 500 лк [11, 26].

2.7.2 Електробезпека та захист від статичної електрики

Усі 12 плоттерів Roland RF-640 та допоміжне обладнання (ламінатори, компресори пресів) підключаються до трифазної промислової електромережі напругою 380/220 В із частотою 50 Гц. За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення дільниці відноситься до категорії з підвищеною небезпекою (через наявність заземлених металевих підлог, великої кількості металоконструкцій та використання хімічних розчинників) [32].

Для захисту персоналу від ураження струмом у разі пошкодження ізоляції та переходу напруги на струмонепровідні металеві корпуси верстатів закладаються такі заходи згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) та НПАОП 40.1-1.21-98 [40].

1. Захисне заземлення: Усі корпуси плоттерів, рам ламінаторів та металевих столів для розкрою надійно з'єднуються із загальноцеховим контуром заземлення. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.
2. Занулення та захисне відключення: Використовується система заземлення типу TN-S. Лінії живлення обладнання захищаються автоматичними вимикачами та пристроями захисного відключення (УЗО) зі струмом спрацьовування не більше 30 мА.
3. Захист від статичної електрики: Під час швидкого розмотування та руху полімерних ПВХ-плівок та банерних тканин через протяжні вали плоттерів відбувається інтенсивне генерація зарядів статичної електрики (потенціал може досягати кількох кіловольт) [13]. Це призводить до викривлення траєкторії польоту мікрокрапель чорнила (погіршення якості), притягування пилу на матеріал та ризику іскрового розряду, що небезпечно при роботі з екосольвентними розчинниками [12, 14]. Для нейтралізації зарядів на плоттерах Roland встановлюються штатні

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

антистатичні щітки (іонізатори), вали подачі виготовляються із електропровідної гуми, а підлогове покриття цеху проектується із антистатичного (струмопровідного) лінолеуму з обов'язковим заземленням його підложки [41].

2.7.3 Пожежна безпека

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 приміщення дільниці широкоформатного екосольвентного друку відноситься до категорії В (пожежонебезпечна), а зони в безпосередній близькості до вузлів нанесення чорнил та дегазації - до класу П-І за ПУЕ. Це зумовлено наявністю горючих матеріалів: рулонів банерної тканини на основі поліефірів, акрилових самоклеючих плівок, паперу Blueback та рідких екосольвентних чорнил, температура спалаху парів яких становить понад 60 °С [13, 14, 41].

Для забезпечення пожежної безпеки на дільниці впроваджуються такі інженерно-організаційні рішення згідно з НАПБ А.01.001-2014 [40]:

- Шляхи евакуації: Планування дільниці (розміри 12×24м, розраховані у підрозділі 1.6) передбачає наявність не менше двох евакуаційних виходів, які постійно утримуються вільними. Ширина головних проходів закладена на рівні 2,0 м.
- Системи сповіщення та гасіння: Цех обладнується автоматичною пожежною сигналізацією із тепловими та димовими сповіщувачами, а також первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотні вогнегасники ВВ-5/ОУ-5 та порошкові ВП-5/ОП-5), які розміщуються поблизу блоків плоттерів та електрощитових. Використання води для гасіння електроустановок під напругою та горючих розчинників суворо заборонено.
- Режим зберігання матеріалів: Добовий запас чорнил та промивних розчинів зберігається у спеціальних металевих шафах із природною витяжкою. Складування рулонів сировини здійснюється на безпечній відстані від нагрівальних елементів плоттерів (не менше 1,5 м) [29, 35].

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

2.7.4 Захист довкілля (Екологічна безпека)

Проектована ділянка із потужністю 2,1 млн м²/рік генерує значні обсяги відходів, розраховані у матеріальному балансі (підрозділ 2.3). Загальний обсяг твердих технологічних відходів становить 88 200 м²/рік [27]. Захист навколишнього середовища базується на концепції роздільного збору та мінімізації захоронення відходів на полігонах.

Екологічні заходи включають [42, 50]:

1. Утилізація полімерних та паперових відходів: Обрізки банерної ПВХ-тканини (композит із поліефірної сітки та пластифікованого полівінілхлориду) та самоклеючої плівки збираються в окремі контейнери. Оскільки ПВХ має тривалий термін розкладання та виділяє токсичні діоксини при неконтрольованому спалюванні, ці відходи за договором передаються спеціалізованим підприємствам для вторинної механічної переробки (виробництво будівельних матеріалів, кабельних пластифікатів, автомобільних килимків) [13]. Обрізки паперу Blueback та Citylight здаються на підприємства з переробки макулатури.
2. Поводження з небезпечними рідкими відходами: Використані порожні пластикові каністри та картриджі з-під екосольвентного чорнила, а також ганчір'я (ветош), що забруднене промивним розчином Flush під час щоденного технічного обслуговування головок, відносяться до небезпечних хімічних відходів [14]. Вони накопичуються в герметичних металевих резервуарах у допоміжній зоні та щомісяця вивозяться ліцензованими компаніями для високотемпературного екологічного спалювання (інсинерації) на спеціалізованих установках [42].
3. Очищення вентиляційних викидів: Припливно-витяжна система вентиляції цеху обладнується змінними вугільними фільтрами (адсорберами), які вловлюють залишки парів гліколевих ефірів перед викидом повітря в атмосферу міста Дніпро, що забезпечує дотримання гранично допустимих викидів (ГДВ) для промислових підприємств України.

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

Впровадження розробленого комплексу заходів гарантує повну екологічну та експлуатаційну безпеку проектованої ділянки, створює комфортне ергономічне середовище для роботи персоналу та виключає виникнення аварійних та пожежонебезпечних ситуацій на виробництві [31, 34].

2.8 Техніко-економічні розрахунки

Метою цього розділу є оцінка фінансової ефективності впровадження високотехнологічної ділянки цифрового еко-солвентного друку. Розрахунки виконано відповідно до методики оцінки інвестиційних проєктів [34, 39].

2.8.1 Розрахунок капітальних інвестицій (CAPEX)

Капітальні вкладення ($K_{\text{заг}}$) визначаються на основі ринкових цін на обладнання та будівельно-монтажних кошторисів, табл. 2.4.[27, 42].

Таблиця 2.4 - Капітальні вкладення.

Стаття витрат	Вартість, тис. грн
Основне обладнання (12 од. Roland RF-640) [41]	5 400,00
Фінішне обладнання (ламінатори, тримери) [5]	650
Монтаж, вентиляція та пусканалагодження [40]	800,00
Підготовка приміщень (антистатика) [32]	200
Разом капітальних інвестицій ($K_{\text{заг}}$)	7050,00

2.8.2 Розрахунок експлуатаційних витрат (ОРЕХ)

Експлуатаційні витрати розраховано за методами нормування витрат на виробництво поліграфічної продукції [33].

- Матеріальна складова ($C_{\text{зм}}$): Згідно з нормами витрат чорнил та матеріалів на 1 м² друку, середня собівартість становить 62,5 грн/м².

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

$$C_{зм} = 2\,100\,000 \text{ м}^2 \times 62,5 \text{ грн} = 131\,250 \text{ тис. грн/рік}$$

- Фонд оплати праці ($C_{зп}$): Розраховано для штату 24 осіб з урахуванням податкового навантаження (ЄСВ 22%) [34].

$$C_{зп} = 8400 \text{ тис. грн/рік}$$

- Енерговитрати ($C_{ен}$): Базуються на споживанні 12 плоттерів та допоміжних систем згідно з технічними паспортами [41].

$$C_{ен} = 540 \text{ тис. грн/рік}$$

- Амортизаційні відрахування ($C_{ам}$): Розраховано лінійним методом з урахуванням терміну експлуатації основних фондів 7 років [31].

$$C_{ам} = 7050/7 \approx 1007 \text{ тис. грн/рік}$$

Загальна річна собівартість ($C_{полн}$):

$$C_{полн} = 131250 + 8400 + 540 + 7050 = 141\,197 \text{ тис. грн.}$$

2.8.3 Показники економічної ефективності

- Річний дохід (Д): При середній ціні 85 грн/м² продукції:

$$Д = 2\,100\,000 \times 85 = 178\,500 \text{ тис. грн/рік}$$

Чистий прибуток (П): Розраховується як різниця між річним доходом та загальною річною собівартістю ($C_{річ} = 141\,197$ тис. грн) з урахуванням податку на прибуток (18%):

$$П = (Д - C_{полн}) \times (1 - 0,18) = (178500 - 141197) \times 0,82 = 30590 \text{ тис. грн/рік}$$

- Рентабельність (R):

$$R = (П / C_{полн}) \times 100\% = (30590 / 141197) \times 100\% \approx 21,66\% \text{ [39]} \quad (2.18)$$

2.8.4 Розрахунок точки беззбитковості (Break-even point)

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

Точка беззбитковості показує мінімальний обсяг виробництва, при якому дохід покриває витрати [27].

$$Q_{\text{беззб}} = \frac{FC}{P - AVC} = \frac{3500000}{85 - 65} = 175000 \text{ м}^2/\text{рік} \quad (2.19)$$

де FC - постійні витрати, P - ціна, AVC - змінні витрати.

2.8.5 Термін окупності ($T_{\text{ок}}$)

Згідно з нормативними вимогами до окупності інвестиційних проєктів у поліграфії [31, 36]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\Pi} = \frac{7050}{30590} \approx 0,23 \text{ року} \quad (2.20)$$

Висока ефективність проєкту зумовлена значним масштабом виробництва та застосуванням автоматизованого комплексу обладнання Roland, що повністю відповідає критеріям конкурентоспроможності сучасного підприємства [10, 11].

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

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті розроблено концепцію та здійснено комплексне проєктування дільниці цифрового широкоформатного екосольвентного друку з річною виробничою потужністю 2,1 млн м².

Під час виконання роботи було вирішено такі ключові завдання:

1. Технологічне обґрунтування: На основі аналізу сучасного ринку поліграфічних послуг обґрунтовано вибір друкарського обладнання — 12 одиниці екосольвентних плоттерів Roland VersaEXPRESS RF-640. Вибрана конфігурація забезпечує високу прецизійність друку, стабільну швидкість та гнучкість у виконанні замовлень, що підтверджено розрахунками продуктивності та коефіцієнта завантаження обладнання (0,93).
2. Організація виробництва: Розроблено оптимальне планування виробничих площ дільниці (288 м²), що відповідає нормам технологічного проєктування та забезпечує раціональні вантажопотоки. Встановлено оптимальний штатний склад (24 осіб) з урахуванням високого ступеня автоматизації процесів.
3. Контроль якості: Запропоновано наскрізну систему контролю якості, що базується на міжнародних стандартах ISO 12647-8 та використанні сучасних методів спектрофотометричних вимірювань, що дозволяє мінімізувати частку технологічного браку до 0,5%.
4. Охорона праці та екологія: Розроблено комплекс заходів з охорони праці та екологічної безпеки, включаючи системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією повітря та методи утилізації відходів ПВХ, що повністю відповідає чинному законодавству України.
5. Економічна ефективність: Проведені розрахунки доводять високу інвестиційну привабливість проєкту. Загальні капітальні вкладення становлять 7,05 млн грн, а термін окупності - 0,23 року (близько 3 місяців) при досягненні повної виробничої потужності. Проєкт є стійким до ринкових коливань завдяки високому запасу фінансової міцності (точка беззбитковості досягається при завантаженні потужностей на 8,3%).

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

Загальний висновок: Проектована ділянка є сучасним, високоефективним поліграфічним виробництвом, яке відповідає вимогам якості, екологічності та економічної доцільності, що дозволяє підприємству успішно конкурувати на ринку широкоформатної реклами України.

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Книш З. В. Цифрові технології друку : навч. посіб. Львів : УАД, 2014. 192 с.
2. Шпик С., Полюдов О. Технологічні процеси виготовлення великоформатної рекламно-інформаційної продукції. Квалілогія книги. 2018. № 1 (33). С. 45–52.
3. Ткаченко І. М., Кулик М. В. Аналіз сучасного ринку широкоформатного цифрового друку в Україні та тенденції його розвитку. Технологія і техніка друкарства. 2021. № 2 (72). С. 34–41.
4. Величко О. М. Технологія підготовки та виведення цифрових даних у поліграфії : підручник. Київ : ВПК «Київський університет», 2011. 384 с.
5. Флейшер Г. Технологии крупноформатной цифровой печати. Москва : Литрес, 2022. 210 с.
6. Огарков В. Б., Полюдов О. М. Устаткування цифрового друку : навч. посіб. Львів : УАД, 2015. 164 с.
7. Зоренко О. В. Моделювання та оптимізація процесів струминного нанесення рідких середовищ на рулонні матеріали. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2019. № 2. С. 88–96.
8. Мельников Я. В., Шибанов В. В. Фізико-хімічні основи процесів закріплення фарб у цифрових технологіях друку : монографія. Львів : УАД, 2015. 240 с.
9. Кузнєцов В. А. Автоматизовані системи керування технологічними процесами цифрового широкоформатного друку. Комп'ютерні технології друкарства. 2020. № 44. С. 112–119.
10. Гунько С. М. Проектування цифрових друкарських діляниць оперативного поліграфічного виробництва. Технологія і техніка друкарства. 2017. № 4 (58). С. 22–29.
11. Несходомов О. А. Процеси кольоровідтворення в широкоформатному струминному друці. Технологічні комплекси. 2018. № 2. С. 104–111.

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

12. Палюх О. О. Дослідження дефектів зображення при струминному способі друку на рулонних носіях. Поліграфія і видавнича справа. 2019. № 1 (77). С. 56–63.

13. Величко О. М., Зоренко О. В. Матеріалознавство у видавничо-поліграфічній справі : підручник. Київ : ВПК «Київський університет», 2016. 431 с.

14. Якущевич Ю. М. Екосольвентні чорнила: хімічний склад, властивості та особливості закріплення на полімерних носіях. Технологія і техніка друкарства. 2020. № 3 (69). С. 14–22.

15. Лазаренко Е. Т., Токарик Г. В. Фізико-хімія полімерних матеріалів у поліграфії : навч. посіб. Львів : Афіша, 2008. 216 с.

16. Савченко С. Г., Мамуня Є. П. Структура та властивості модифікованих полівінілхлоридних матеріалів для пакувальної та рекламної індустрії. Полімерний журнал. 2018. Т. 40, № 3. С. 175–182.

17. Панова Л. М. Дослідження адгезійної міцності з'єднань полімерних рулонних матеріалів при виготовленні великоформатної реклами. Хімічна інженерія, екологія та енергоресурсозбереження. 2022. № 1. С. 64–71.

18. Козак Ю. О. Світлостійкість пігментів та барвників екосольвентних чорнил в умовах атмосферного впливу. Український хімічний журнал. 2021. Т. 87, № 5. С. 45–53.

19. Барановська О. В. Модифікація поверхонь полімерних плівок для підвищення якості струминного друку. Пластичні маси. 2019. № 4. С. 31–37.

20. Сидоренко А. М. Вплив пластифікаторів на фізико-механічні властивості банерних ПВХ-тканин. Питання хімії та хімічної технології. 2020. № 2. С. 89–95.

21. ДСТУ ISO 12647-8:2019. Технологія поліграфії. Контроль технологічного процесу виготовлення растрових кольороподілених зображень, пробних та тиражних відбитків. Частина 8. Процеси цифрового друку безпосередньо з електронних носіїв. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 28 с.

22. ДСТУ 3018–95. Видання. Поліграфічне виконання. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1995. 34 с.

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

23. ДСТУ ISO 3664:2019. Поліграфічна технологія та фотографія. Умови спостереження. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 22 с.

24. ДСТУ 2444–94. Виробництво поліграфічне. Устаткування друкарське. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 18 с.

25. ДСТУ 7258:2011. Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги. Київ : Мінекономрозвитку України, 2012. 15 с.

26. ДСТУ ISO 13655:2017. Спектрофотометричне вимірювання та колориметричний розрахунок для зображень у графічних технологіях. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 32 с.

27. Пупена О. М., Луцька Н. М. Автоматизація технологічних процесів та виробництв : підручник. Київ : Ліра-К, 2019. 320 с.

28. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : навч. посіб. Київ : НУХТ, 2014. 284 с.

29. Швачко В. П. Контрольно-вимірювальні прилади в хімічній та поліграфічній промисловості : довідник. Київ : Техніка, 2012. 198 с.

30. Романовський М. В. Системи автоматичного регулювання натягу рулонного матеріалу в друкарських машинах. Автоматика та інформаційні технології. 2018. № 3. С. 54–61.

31. Кислюк В. М. Математичне моделювання та розрахунок поліграфічних процесів у середовищі MathCad. Комп'ютерне моделювання в інженерії. 2019. № 2. С. 12–19.

32. Безносик Ю. О. Комп'ютерне проектування хіміко-технологічних систем переробки полімерів. Київ : НТУУ «КП», 2015. 176 с

33. Полюдов О. М., Жидецький Ю. Ц. Проектування поліграфічних підприємств : підручник. Львів : УАД, 2012. 412 с.

34. Мельников О. В. Проектування додрукарських та друкарських цехів : навч. посіб. Львів : УАД, 2010. 180 с.

35. Гавенко С. Ф., Мартинюк М. С. Організація виробництва та логістика на поліграфічних підприємствах. Львів : Фенікс, 2016. 256 с.

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

36. Штангрет А. М. Економіка поліграфічного виробництва : навч. посіб. Львів : УАД, 2011. 288 с.

37. Мороз О. В. Оптимізація виробничої потужності та матеріальних потоків промислових підприємств. Економіка та державне управління. 2021. № 4. С. 77–83.

38. Швець Т. В. Логістичне забезпечення постачання рулонної сировини для підприємств великоформатного друку. Вісник Хмельницького національного університету. 2020. № 5. С. 142–148.

39. Кірич Н. Б. Оцінка інвестиційної привабливості проектів модернізації промислових цехів. Інноваційна економіка. 2022. № 2. С. 65–71.

40. НПАОП 22.1-1.02-07. Правила охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості. Затверджено Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 04.12.2007 № 287. Київ, 2007. 84 с.

41. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2015. 348 с.

42. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 112 с.

43. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 86 с.

44. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ : Мінекоресурсів України, 2001. 120 с.

45. ДСТУ EN 60204-1:2019. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 94 с.

46. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Москва : Издательство стандартов, 1983. 12 с.

47. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Москва : Издательство стандартов, 1988. 48 с.

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

48. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (із змінами та доповненнями).

49. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ (із змінами та доповненнями).

50. Клименко М. О., Прищеп А. М. Екологічний моніторинг та утилізація відходів хімічних і поліграфічних виробництв : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 210 с.

51. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017. 45 с.

52. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ : МНС України, 2007. 23 с.

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

