

Державний вищий навчальний заклад
«Український державний хіміко-технологічний університет»

Факультет харчових та хімічних технологій
(повна назва факультету)

Кафедра технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми
навчання
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Проект ділянки виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної
продукції потужністю 905 тис. м²/рік

Виконав: студент 4 курсу, групи 4-ВП-9
напряму підготовки (спеціальності)

186 Видавництво та поліграфія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

УЛІТЧЕВ Денис Олександрович
(прізвище та ініціали)

Керівник ТРЕТЬЯКОВ Артем Олегович
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Дніпро 2026 року

Державний вищий навчальний заклад

“Український державний хіміко-технологічний університет”

Факультет харчових та хімічних технологій

Кафедра технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів

Освітній рівень перший рівень вищої освіти денної форми навчання

Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру СУХИЙ Костянтин Михайлович

“ _____ “ червня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

УЛІТІЧЕВ Денис Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____

керівник проекту (роботи) ТРЕТЬЯКОВ Артем Олегович, к.т.н. доцент

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

затверджена наказом по університету від “ _____ “ _____ 20 _____ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 1.1. Характеристика поліграфічного виробництва та продукції. 1.2. Вибір і обґрунтування технологічного процесу. 1.3. Характеристика матеріалів. 1.4. Технологічна схема виробництва. 1.5. Контроль якості продукції. 2. Спеціальна частина. 2.1. Розрахунок виробничої програми. 2.2. Вибір і розрахунок обладнання. 2.3. Автоматизація технологічного процесу. 2.4. Охорона праці та навколишнього середовища. Висновок. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Технологічна схема виробництва - 1 лист, компоновка обладнання - 1 лист, основний вузол обладнання - 1 лист.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент _____
(підпис)

УЛІТЧЕВ Д. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

ТРЕТЬЯКОВ А. О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 75 сторінках і містить 11 таблиць, 2 рисунків, наведено 20 джерел.

Мета роботи — розроблення проєкту ділянки виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції способом цифрового УФ-друку потужністю 905 тис. м²/рік на базі УФ-принтера Mimaki JFX200-2513.

У технологічній частині обґрунтовано вибір цифрового УФ-друку як найбільш економічно доцільного способу виробництва малотиражної продукції на невбираючих матеріалах. Охарактеризовано вихідні матеріали (оргскло, ПВХ, самоклеюча плівка, УФ-чорнила) та описано повну технологічну схему виробництва з контролем якості на кожному етапі.

У спеціальній частині розраховано виробничу програму з дійсним фондом часу 1900 год/рік та добовою продуктивністю 3620 м²/добу. За результатами порівняльного аналізу обрано Mimaki JFX200-2513 (продуктивність 57,6 м²/год, формат 2500×1300 мм). Розраховано кількість обладнання: 12 принтерів, 13 розкрійних верстатів, 16 фрезерно-гравірувальних верстатів, 5 ламінаторів — усі з коефіцієнтами завантаження 0,91–0,98. Доза УФ-опромінення системи затвердіння становить 345,3 мДж/см², що відповідає технологічним вимогам.

У розділах охорони праці та навколишнього середовища визначено шкідливі виробничі фактори, заходи пожежної безпеки та комплекс природоохоронних заходів щодо скорочення відходів і викидів.

Ключові слова: ЦИФРОВИЙ УФ-ДРУК, РЕКЛАМНО-СУВЕНІРНА ПРОДУКЦІЯ, УФ-ЧОРНИЛА, ОРГСКЛО, ПВХ, ФРЕЗЕРНО-ГРАВІРУВАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ, ЛАМІНУВАННЯ

					5ВПз.023.186.001.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проекту					
Розроб.		Улітчев Д. О.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Третьяков А. О.							4	73
Реценз.								ДВНЗ УДХТУ, каф. МВПВ, гр. 4-ВП-9		
Н. Контр.										
Затверд.										

Відомості дипломного проекту

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1			Документація		
2			Загальна		
3			Знову зроблена		
4	A4	5ВПз.023.186.001.ПЗ	Пояснювальна записка	72	
5	A1	5ВПз.023.186.002.ТС	Технологічна схема	1	
6	A1	5ВПз.023.186.003.КО	Компоновка обладнання	1	
7	A1	5ВПз.023.186.004.ОВ	Основний вузол	1	
8					
9					
10					
11					
12					
13					

5ВПз.023.186.001.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Улітчев Д. О.			Відомість дипломного проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Третьяков А. О.					5	77
Реценз.						ДВНЗ УДХТУ, каф. МВПВ, гр. 4-ВП-9		
Н. Контр.								
Затверд.								

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Загальна характеристика поліграфічного виробництва	9
1.2 Види та вимоги до рекламно-сувенірної продукції.....	11
1.3 Вибір та обґрунтування технологічного процесу.....	16
1.4 Характеристика вихідних матеріалів	19
1.5 Технологічна схема виробництва та її опис	22
1.6 Контроль якості продукції	26
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	30
2.1 Розрахунок виробничої програми	30
2.2 Вибір та технічна характеристика основного обладнання.....	33
2.3 Розрахунок кількості обладнання.....	37
2.4 Технологічний розрахунок основного апарату.....	41
2.5 Конструктивний розрахунок основного апарату	48
2.6 Розрахунок допоміжного обладнання	53
2.7 Автоматизація технологічного процесу	60
2.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	61
2.9 Охорона навколишнього середовища	65
ВИСНОВОК	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ВСТУП

Сучасний ринок рекламно-сувенірної продукції є одним із найбільш динамічно зростаючих сегментів поліграфічної галузі. В умовах жорсткої конкуренції підприємства різних галузей економіки все активніше використовують брендovanу сувенірну продукцію як ефективний інструмент маркетингових комунікацій, формування корпоративного іміджу та підвищення лояльності споживачів. Рекламно-сувенірна продукція виконує одночасно кілька важливих функцій — рекламну, інформаційну, естетичну, ідентифікаційну та соціальну, що робить її незамінним елементом сучасної маркетингової стратегії будь-якого підприємства чи організації.

Традиційні способи друку — офсетний та трафаретний — мають суттєві обмеження при роботі з малими тиражами та нестандартними матеріалами. Офсетний друк потребує тривалої та дорогої додрукарської підготовки, виготовлення друкарських форм і є рентабельним лише при значних тиражах. Трафаретний друк, попри широкий спектр задруковуваних матеріалів, характеризується обмеженою швидкістю виробництва та складністю відтворення багатоколірних зображень з високою деталізацією. Ці обмеження зумовлюють необхідність пошуку та впровадження більш гнучких і продуктивних технологічних рішень.

Провідні світові виробники поліграфічного обладнання — Mimaki, Roland, Epson, Agfa, Durst та інші — активно розвивають лінійки УФ-принтерів для плоских матеріалів, пропонуючи рішення для підприємств різного масштабу та спеціалізації. Сучасні УФ-принтери формату 2500×1300 мм і більше дозволяють задруковувати великогабаритні матеріали товщиною до 50 мм, забезпечуючи при цьому роздільну здатність до 1200 dpi та продуктивність до 57,6 м²/год і вище. Впровадження таких машин у виробництво дозволяє суттєво розширити асортимент продукції, скоротити терміни виконання замовлень і підвищити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Актуальність теми дипломного проєкту визначається необхідністю розроблення ефективного виробничого підрозділу, орієнтованого на виготовлення

рекламно-сувенірної поліграфічної продукції із застосуванням сучасної технології цифрового УФ-друку. Проектування такої дільниці потребує комплексного підходу — від обґрунтування технологічних рішень і вибору обладнання до розрахунку виробничої програми, організації контролю якості та забезпечення вимог охорони праці й екологічної безпеки.

Метою дипломного проєкту є розроблення дільниці виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції способом цифрового УФ-друку потужністю 905 тис. м²/рік на базі широкоформатного УФ-принтера Mimaki JFX200-2513.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати асортимент рекламно-сувенірної продукції та обґрунтувати вибір технологічного способу її виготовлення;
- охарактеризувати вихідні матеріали та технологічну схему виробництва;
- розрахувати виробничу програму дільниці та визначити необхідну кількість основного й допоміжного обладнання;
- виконати технологічний та конструктивний розрахунок основного апарату;
- розглянути питання автоматизації виробничого процесу, охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції способом цифрового УФ-друку.

Предметом дослідження є виробнича дільниця цифрового УФ-друку потужністю 905 тис. м²/рік, її технологічне оснащення та режими роботи.

Практичне значення роботи полягає у розробленні конкретних технічних і організаційних рішень для створення спеціалізованої виробничої дільниці, що забезпечує ефективне виготовлення широкого асортименту рекламно-сувенірної поліграфічної продукції з дотриманням вимог якості, екологічної безпеки та раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика поліграфічного виробництва

Поліграфічна галузь охоплює широкий спектр друкованої продукції — від листівок і рекламних буклетів до книг, журналів, газет і бюлетенів. Кожен вид продукції має свої технологічні особливості та вимоги до виробничого процесу, тому перед початком виготовлення будь-якого замовлення підприємство проводить підготовку виробництва — сукупність організаційних і технічних заходів, що забезпечують готовність до випуску конкретного виду продукції.

Трудомісткість виготовлення суттєво відрізняється залежно від типу виробу. Проста рекламна листівка потребує мінімальних часових і матеріальних витрат, тоді як книга в м'якій обкладинці є значно складнішим об'єктом виробництва. Найбільш тривалим вважається процес виготовлення книги в твердій палітурці, який включає численні суміжні операції. В узагальненому вигляді весь виробничий цикл поліграфічного підприємства складається з трьох-чотирьох взаємопов'язаних технологічних етапів.

Перший етап — додрукарська підготовка — передбачає обробку текстових і графічних матеріалів, наданих замовником (оригіналів). За результатами цього етапу формуються фотоформи на прозорій плівці або готові PDF-файли, що слугують підставою для виготовлення друкарських форм. Сьогодні цей етап здебільшого виконується у видавництві або дизайн-бюро.

Другий етап полягає у виготовленні друкарських форм — носіїв зображення, необхідних для тиражування. Залежно від технічного оснащення підприємства форми можуть створюватися методами монтажу діапозитивів, computer-to-film або computer-to-plate.

На рисунку 1.1 наведено узагальнену схему етапів випуску поліграфічної продукції.

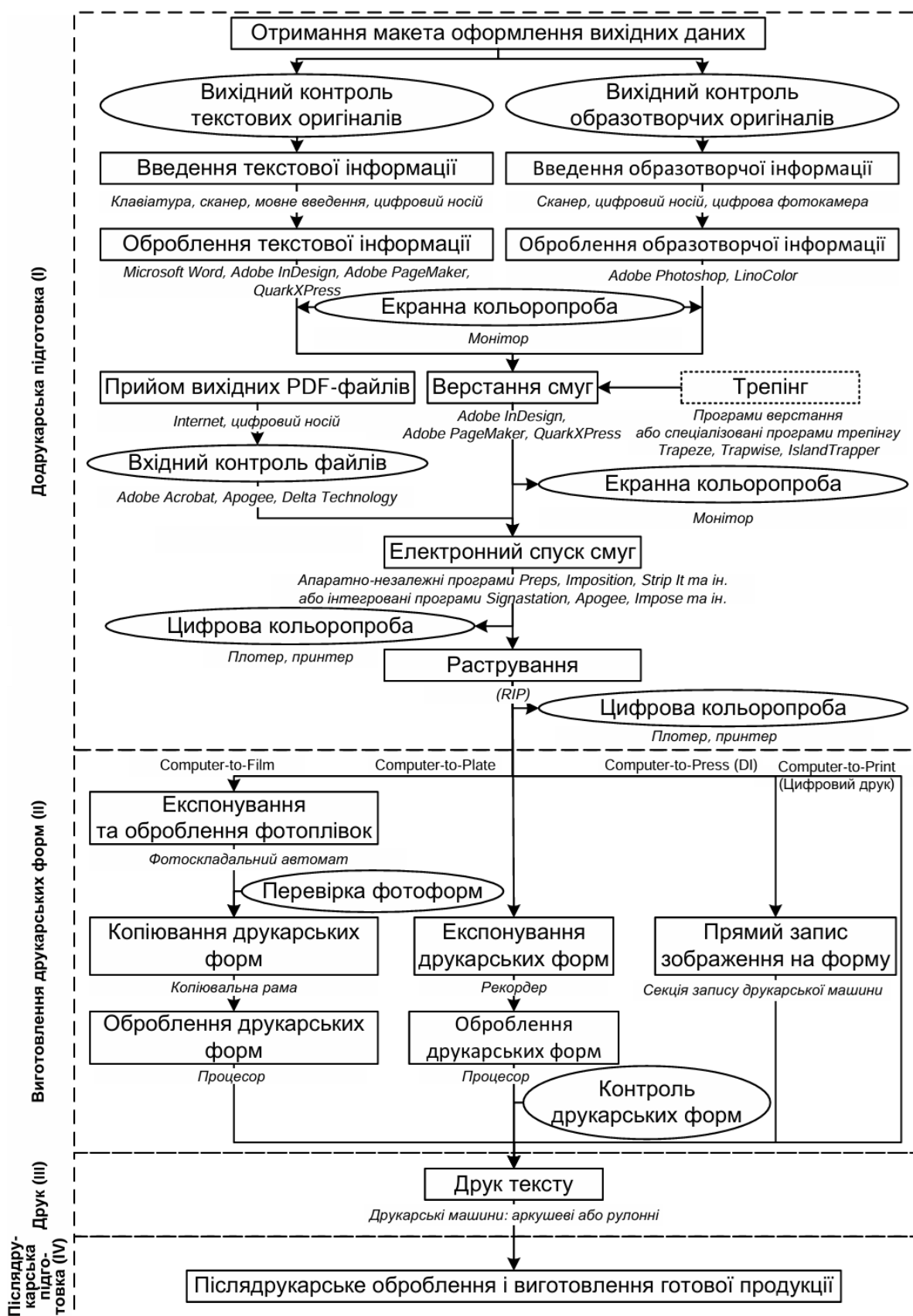


Рисунок 1.1. Схема етапів випуску поліграфічної продукції [1]

Підприємство обирає залежно від своїх технологічних можливостей і видів друкарського обладнання.

Третій етап – друкування накладу поліграфічної продукції – отримання з друкарських форм певної кількості (залежно від накладу) ідентичних відбитків віддрукованих аркушів, зошитів або газет, що, власне, і розмноженням інформації). Друкування накладу відбувається на аркушевих і рулонних друкарських машинах.

Четвертий етап – оздоблення, виконання брошурувальних або брошурувально-палітурних робіт. На цьому етапі поліграфічна продукція стає придатною для користування споживачем, набуває закінченого вигляду для використання інформації (газета стає газетою, книга – книгою, а рекламна інформація – рекламним буклетом чи листівкою). Залежно від виду друкованої продукції на четвертому (завершальному) етапі поліграфічне підприємство розробляє певні технологічні процеси і витрачає час на їх виготовлення.

У виготовленні готової продукції бере участь велика кількість палітурного обладнання (різальні машини, лінії комплектування, швейне обладнання, обладнання для оброблення корінця блока і т. д.).

1.2 Види та вимоги до рекламно-сувенірної продукції

Слово сувенір означає невеликий презент або подарунок, який, зазвичай, вручають на пам'ять. Сувенір - це багатофункціональний і унікальний за своїми особливостями інструмент інтегрування комунікацій маркетингу і реклами.

Сувенірну продукцію використовують для того, щоб ненав'язливо вплинути на споживача та досягти максимально ефективного економічного результату. Сувеніри можуть бути представлені різними групами товарів, а елементи фірмового стилю наносять за допомогою різних технологій.

Цінність сувенірної продукції полягає в тому, що в якості рекламного продукту споживач отримує корисний предмет (ручка, календар, чашка). Яку б мету не було поставлено, сувенір – це, насамперед, подарунок, який споживач буде охоче демонструвати у використанні. Сувенір виступає своєрідним посередником у

комунікації між об'єктами цієї ланки. Образ, пов'язаний із сувеніром, активізує пам'ять, нагадуючи власнику про важливий момент та місце придбання сувеніра.

На сьогодні існують загальноприйняті види сувенірної продукції: масовий, бізнес та VIP вид суверенної продукції.

Масовий вид сувенірної продукції. До цього виду відносять масові брендові сувеніри з логотипами. Такий вид сувенірів також класифікують як промо-сувеніри, їх дарують на виставках, конференціях, семінарах. Головне їхнє призначення - це формування позитивного ставлення до підприємства чи організації. Прикметно, що такі сувеніри приносять більше користі, ніж рекламні листівки та буклети. До цього виду належать блокноти і календарі, різні значки і недорогі ручки, брелоки та запальнички, підставки під чашки тощо. Рекомендується періодично оновлювати асортимент масових сувенірів, адже з плином часу одноманітність може негативно вплинути на ефективність, тоді як нова сувенірна продукція має більше шансів привернути увагу.

Бізнес вид сувенірної продукції. Частіше це сувеніри, які презентують в якості заохочувальних подарунків клієнтам, кращим працівникам організації чи підприємства або постійним і надійним партнерам. До цього виду відносять настільне та письмове приладдя, дорогі ручки, перекидні календарі, брендові записники, щоденники і запальнички. Корпоративний сувенір є важливою частиною стилю організації, ефективним засобом підтримки іміджу підприємства в очах партнерів, замовників і клієнтів. Крім того, це можливість привернути увагу, підкреслити свою індивідуальність, налагодити взаємини між співробітниками підприємства чи організації. Факт наявності будь-якої обмеженої групи сувенірної продукції впливає на свідомість споживача. Від цінності та оригінальності сувеніра залежить враження, яке підприємство справить на своїх партнерів, адже рівень цих чинників свідчить про ділові якості організації, її творчий потенціал і ставлення до клієнтів.

Раніше сувенірну продукцію зі своїм логотипом замовляли лише топові організації, але тепер до виготовлення сувенірної продукції вдаються фірми різного рівня. Бізнес продукція вважається вдалою в тому випадку, якщо вона якісно

виготовлена, своїм зовнішнім виглядом і художнім втіленням привертає увагу споживача та формує позитивний образ підприємства чи організації, сприяє популяризації. Під час розробки бізнес сувенірів потрібно враховувати, що ділові комунікації мають специфічний характер, який передбачає різні підходи та ситуації.

VIP вид сувенірної продукції. Третій вид містить так звані подарунки класу VIP або представницькі сувеніри. Їх дарують на ділових зустрічах чи конференціях авторитетним представникам компаній-партнерів, високопосадовцям. До цієї категорії продукції відносять сувенірну зброю, продукцію провідних світових компаній, ексклюзивні годинники, органайзери, вироби з дорогоцінних металів. Сувеніри VIP-класу виготовлені з матеріалів вищої якості і нерідко зроблені вручну. Ці сувеніри виробляють, як правило, невеликим тиражем. Сфера їх застосування обмежена, оскільки вони дорого коштують та призначені для особливих випадків. Нанесення логотипу на VIP-подарунок має бути вкрай обережним. Іноді замовники обмежуються інформацією на упаковці або візитівці. Найчастіше використовують лазерне гравіювання.

Подекуди виробники сувенірної продукції беруть на себе сміливість поєднати всі визначені види в одній формі. Компанії формують власні колекції сувенірної продукції з власного досвіду та набутого на різних заходах з висвітлення останніх тенденцій сучасного дизайну. Авторська сувенірна продукція має ряд переваг: неповторність, можливість обіграти логотип чи фірмовий знак, врахувати особливості замовника та характер аудиторії. Сувенірна продукція цінна не тільки своєю функціональністю, але й можливістю реалізації іміджу організації чи підприємства. Замовники сувенірної продукції прагнуть до створення унікального продукту. Значимість таких чинників, як функціональність, якість, ціна і престиж сувеніра варіюється залежно від мети замовника та запланованих заходів.

Сувенірна продукція розподіляється за виробничими принципами. Серед них виділяють основні:

1. Вироби поліграфічної продукції;
2. Сувенірні вироби з гравіюванням або з фірмовими наліпками;

3. Подарункові вироби. Зазвичай, це престижні речі: письмове приладдя, настільні годинники; скриньки з лаковими мініатюрами, художні альбоми, порцелянові вази.

Сувенірна продукція має бути довгостроково орієнтована на певну цільову аудиторію. Сувеніри презентують організацію чи підприємство на ринку, сприяють підвищенню впізнаваності бренду серед аудиторії, використовуються в якості реклами для залучення нових клієнтів, виступають в ролі ефективної комунікації зі споживачем, формують позитивний образ в очах клієнтів та партнерів. Можна сміливо стверджувати, що використання сувенірної продукції є ефективним засобом для створення позитивного враження споживача.

З'ясуємо основні вимоги, які будуть впливати на виготовлену продукцію; визначимо основні завдання, на які ми будемо орієнтуватися; опишемо сутність кольору в розробці сувенірної продукції та принципи композиції та функції сувенірної продукції.

Незалежно від категорії та вартості, будь-який сувенір має відповідати кільком базовим вимогам.

Перша і найважливіша — відповідність фірмовому стилю замовника. Фірмовий стиль є системою візуальних констант підприємства: логотипу, колірної палітри, типографіки та загальної концепції подачі інформації. Усі елементи сувеніра мають підпорядковуватися цій системі, утворюючи цілісний і впізнаваний образ. Розрізнені або суперечливі елементи дизайну руйнують враження і знижують комунікативну ефективність виробу.

Колір відіграє ключову роль у сприйнятті сувенірної продукції: він першим потрапляє у поле уваги споживача, формує емоційний фон і запускає асоціативні ланцюжки. Саме тому підбір кольорової гами має бути усвідомленим і враховувати як психологічний вплив конкретних відтінків, так і їхню відповідність бренду замовника.

Типографіка — ще один критичний елемент. Фірмовий шрифт має органічно вписуватися в загальну концепцію дизайну: зайва декоративність або навпаки —

надмірна нейтральність можуть суперечити характеру бренду й ослаблювати його ідентичність.

Важливою умовою є також інформаційна лаконічність. Перевантаження сувенірного виробу текстом, зображеннями або логотипами розсіює увагу споживача і заважає сформувати чіткий образ підприємства. Ефективний сувенір — той, що доносить одну головну ідею через мінімум елементів.

З точки зору композиції ключову роль відіграє домінанта — смисловий і візуальний центр виробу, що одразу привертає погляд і задає напрям сприйняття всіх інших елементів. Грамотно побудована композиція формує природний маршрут погляду: від домінанти — до допоміжних елементів, від зображення — до тексту. Такий порядок сприйняття закладено самою природою людського зору і не залежить від культурного контексту споживача.

Характеристики домінанти повторюються в окремих частинах форми та пов'язуються між собою. Всі деталі є сукупністю пов'язаних між собою елементів, їх підпорядкованість один одному цілком очевидна. Щоб сформувати загальний образ сувеніра, необхідно послідовно сприймати його частини. Ця послідовність виникає тоді, коли всі елементи згруповані. Частини образу складають групи, пов'язані одна з одною за ознаками подібності або за контрастом. Ці групи поєднані елементами. Якщо композиція статична та непорушна, в ній все одно є рух, який створюється елементами художньої форми, взаємодією ліній та напруженістю зорового імпульсу, викликаного контрастністю кольорів. Елементи композиції повинні направляти та підсилювати відчуття руху в зображенні.

Основні функції сувенірної продукції:

- рекламна функція (наявність сувенірної продукції у поєднанні з фірмовим стилем завжди підвищує ефективність реклами фірми чи підприємства. Всі об'єкти, які являються сувенірною продукцією, вже є рекламним засобом. Отримуючи безкоштовні рекламні сувеніри, споживач свідомо налаштовується на позитивні емоції, виявляє більший інтерес до організації);

- соціальна функція (полягає у формуванні та розвитку культурних навичок, стосунків між людьми. Культура не може існувати поза спілкуванням, тому тільки з її допомогою споживач може узгодити свої дії, допомогти виконанню соціальних цілей);
- ідентифікаційна функція (сувенірна продукція дозволяє споживачам без надмірних зусиль дізнатися про потрібний товар за зовнішнім виглядом та його ознаками);
- інформаційна функція (поняття «інформація» трактується як обмін різноманітними знаннями та відомостями між людьми. Комунікація являє собою обмін повідомленнями, задумами, рішеннями. Інформаційний обмін може відбуватися як заради досягнення практичної мети, так і заради самого процесу комунікації. Сувенір містить інформацію, яка може бути корисною для споживача;
- естетична функція (сувенірна продукція включає в себе використання логотипу та фірмового стилю, який підвищує цінність та естетичний баланс).

Якісно продуманий процес розробки сувенірної продукції з використанням фірмового стилю підприємства та дотриманням композиційних і стилістичних вимог гарантує результат, орієнтований на лояльність споживача, оскільки надає йому актуальну інформацію щодо продукції або послуг, а також формує позитивне ставлення до організації чи підприємства. Всі сувенірні носії мають перебувати в полі зору своїх користувачів. Щоденне практичне використання рекламного носія є ефективнішим за інформацію на папері [2].

1.3 Вибір та обґрунтування технологічного процесу

Для виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції можливе використання офсетного, трафаретного та цифрового способів друку.

Застосування офсетного друку з використанням УФ фарб ідеально підходить для великих та середніх тиражів. І тут собівартість друку відносно невелика. Для малих форматів у деяких випадках більш виправданий друк фолієвими фарбами, які

застосовуються на звичайних офсетних друкарських машинах. Однак, фолієві фарби мають істотний недолік: вони вимагають тривалого процесу сушіння, в порівнянні з УФ-фарбами, що затвердівають моментально. Однак, для малих тиражів офсетний спосіб не рентабельний для всіх форматів через технологічний процес формного виробництва і витрат часу на приладку.

Недоліки офсетного друку, при використанні ультрафіолетових фарб:

- друк проводиться на спеціальному обладнанні;
- після друку необхідні спеціальне УФ сушіння;
- офсетне нанесення УФ фарб вимагає суворого дотримання технології;
- матеріал має бути спочатку оброблений коронатором (електричним розрядником) для кращої адгезії;
- друк повинен проводитись грамотними фахівцями;
- висока собівартість за невеликих тиражів.

Одним зі спеціальних методів друку є трафаретний друк, де зображення формується при продавлюванні густої фарби через трафарет.

Трафаретний друк є доволі популярним способом друку, так як дозволяє наносити зображення на вироби різної геометричної форми й товщини, найчастіше використовуються при виготовленні сувенірної продукції.

Трафаретний друк застосовують при друкуванні на наступних матеріалах: фактурних дизайнерських матеріалах; тканині; склі, метали, кераміці, дзеркалі, самоклеючих матеріалах, дереві, пластику та ін. Рекламно-сувенірна продукцію, віддрукована способом трафаретного друку набуває унікальних властивостей, наприклад якісне відображення необхідного відтінку кольору, імітація срібла або золота, є можливість використання скретч фарб, ефекти гліттеру, насиченість та довговічність зображення; висока стійкість до дії зовнішнього середовища.

Цифровий друк – це найбільш популярний спосіб друку, коли мова заходить про нанесення логотипів, рекламних слоганів, фотографій на вироби, що відіграють важливу роль у розвитку рекламно-сувенірної промисловості.

Так як запроектовано виготовляти сувенірну продукцію невисокими накладками, то цифровий спосіб друку є економічно вигідним. При аналізі продукції, яку планується виготовляти, стає зрозумілим, що постійно використати спеціальний вид фарби для друкуванні на таких матеріалах як оргскло, пластик, тобто проектується цифровий спосіб друку УФ-фарбами. Цифровий УФ-друк прискорює процес друку за рахунок миттєвого затвердіння УФ-фарб спеціальної формули на широкому спектрі матеріалів з використанням УФ-ламп.

Світлодіодні лампи з охолодженням довговічні, не містять озону, безпечні (випромінюють тільки УФ-А світло) та економічні, крім того, їм не потрібен час прогріву для затвердіння чорнила, заощаджуючи час та енергію.

Такі лампи дозволяють УФ-пристрою друкувати на термочутливих матеріалах, включаючи термозбіжну плівку, натуральне дерево або плівку, що використовується для захисту екранів смартфонів або планшетів.

Насправді такий спосіб друку – це різновид струминного друку з використанням особливих чорнил та УФ-випромінювання. Головною умовою отримання якісних відбитків є ретельне проведення підготовчих операцій, внаслідок яких носій має бути повністю очищений від пилу та знежирений. Це необхідно для того, щоб плівка, що утворюється при друкуванні, щільно прилипла до поверхні.

Використовуючи цифрову технологію УФ-друку, можна вирішувати безліч завдань:

- друкувати унікальний дизайн, зображення, текст та навіть текстури безпосередньо на широкому спектрі матеріалів або продуктів;
- створювати персоналізацію продукції;
- вирішувати індивідуальні завдання на запит замовників відповідно до їх очікувань;
- використовувані фарби за своїми фізико-хімічними властивостями є однокомпонентними та екологічно чистими. Вони не дають небезпечних випарів, не потребують розведення;

- необмежений спектр матеріалів для задруковування; - отримані відбитки стійкі до частого впливу вологи, температури, зовнішніх чинників;
- є можливість отримання якісних зображень на темних поверхнях за допомогою додаткового шару, який найчастіше буває білим або градієнтним.

Зростання потреби у друкуванні по невсотуючих поверхнях з одного боку і недоліки офсетної технології, такі як наявність додрукарського циклу і, як наслідок, висока собівартість на коротких тиражах, дали поштовх до розвитку цифрового друку. У цифрових промислових принтерах використовується принцип струминного друку. В даний час цифровий друк УФ фарбами успішно конкурує з офсетом та тампонним друком, пропонуючи замовникам нові маркетингові можливості та оперативність, недосягну традиційними технологіями [3].

Таким чином, можна стверджувати, що для рекламно-сувенірної поліграфічної продукції промислового завдання найбільш оптимальним буде використання цифрового УФ друку.

1.4 Характеристика вихідних матеріалів

На виробництві матеріали поділяють на дві великі групи: основні та допоміжні. Визначальною рисою основних матеріалів є те, що вони входять до складу готової продукції та визначають її споживчі властивості. Їх умовно можна поділити на три групи:

- матеріали для задруковування (папір, картон, метали, скло, пластмаси та інше);
- матеріали для виготовлення зображень (фарби, поліграфічна фольга);
- матеріали для фінішних робіт (оздоблювальні, лаки, плівки для припресування тощо).

До допоміжних матеріалів відносять такі, що призначені для супроводу технологічних процесів та пакування готової продукції.

При виготовленні рекламно-сувенірної поліграфічної продукції способом цифрового УФ-друку використовують такі основні групи матеріалів: задруковувані матеріали, УФ-чорнила та допоміжні матеріали.

Оргскло (акрил, ПММА) є одним з основних задруковуваних матеріалів у виробництві рекламно-сувенірної продукції. Це прозорий термопластичний полімер із щільністю 1,18–1,19 г/см³, товщиною від 2 до 10 мм. Матеріал характеризується високою світлопропускністю (до 92%), стійкістю до атмосферних впливів та механічних навантажень. Перед друком поверхня оргскла має бути повністю очищена від пилу та знежирена для забезпечення якісної адгезії чорнила.

Полівінілхлорид (ПВХ) — широко застосовуваний пластиковий матеріал для виготовлення рекламних табличок, бейджів, карток та сувенірів. Випускається у вигляді листів товщиною 0,3–10 мм. Матеріал відрізняється хімічною стійкістю, довговічністю та стійкістю до вологи. Поверхня ПВХ добре сприймає УФ-чорнила після попередньої підготовки. Слід зазначити, що попередником сучасних пластикових задруковуваних матеріалів був так званий «магнітний вініл» — аркушевий полівінілхлорид. Через гідрофобні властивості поверхні ПВХ при друкуванні необхідні спеціальні фарби для невбираючих поверхонь або фарби УФ-твердження.

Самоклеюча плівка застосовується для виготовлення наклейок, етикеток та рекламних матеріалів. Складається з трьох шарів: захисного покриття, основи (поліестер або ПВХ) та клейового шару. Товщина основи становить 50–100 мкм. Матеріал характеризується стійкістю до механічних впливів, вологи та ультрафіолетового випромінювання.

Синтетичні плівкові матеріали на основі поліефірних, поліамідних та поліетиленових волокон набувають все більшої популярності у сучасному поліграфічному виробництві. На відміну від паперу з рослинних волокон, синтетичні матеріали мають мінімальну лінійну деформацію при зволоженні, біостійкість, довговічність, підвищену механічну міцність, стійкість до дії світла та коливань кліматичних умов. Оскільки синтетичні матеріали мають гідрофобні властивості, їх поверхня не вбирає фарбу, що робить їх ідеальними для цифрового УФ-друку, де затвердіння чорнила відбувається не шляхом вбирання, а під дією ультрафіолетового випромінювання.

Дерево натуральне та МДФ використовуються для виготовлення сувенірної продукції — брелоків, рамок, табличок. Перед задруковуванням поверхня має бути відшліфована та знежирена. Товщина матеріалу зазвичай становить 3–10 мм.

УФ-чорнила є ключовим матеріалом при цифровому УФ-друці. Вони являють собою однокомпонентні рідини, до складу яких входять пігменти, фотоініціатори, мономери та олігомери. Принцип дії полягає в миттєвому затвердінні чорнила під дією ультрафіолетового випромінювання довжиною хвилі 365–395 нм. Саме застосування УФ-фарб твердження є необхідною умовою якісного друку на невбираючих поверхнях — пластику, склі, металі та інших матеріалах, що використовуються у виробництві рекламно-сувенірної продукції.

Основні характеристики УФ-чорнил:

- в'язкість при робочій температурі — 8–15 мПа·с;
- щільність — 1,0–1,1 г/см³;
- поверхневий натяг — 25–35 мН/м;
- стійкість відбитків до дії вологи, температури та ультрафіолетового випромінювання;
- екологічна безпечність — не містять розчинників, не виділяють шкідливих випарів у процесі друку.

УФ-чорнила випускаються у стандартному наборі кольорів: блакитний (Cyan), пурпуровий (Magenta), жовтий (Yellow), чорний (Key — Black), а також білий (White) для друку на темних та прозорих поверхнях.

Праймер (грунтовка) застосовується для підготовки поверхні задруковуваного матеріалу з метою покращення адгезії чорнила. Наноситься тонким рівномірним шаром перед друком, особливо при задруковуванні гладких поверхонь — скла, металу, деяких видів пластику. Забезпечує міцне зчеплення фарбового шару з підкладкою та підвищує довговічність зображення.

Очисні розчини використовуються для знежирення поверхні задруковуваного матеріалу перед друком, а також для обслуговування друкувальних головок принтера. Являють собою спиртові або ізопропанолові суміші, безпечні для більшості

задрукованих матеріалів. Головною умовою отримання якісних відбитків є ретельне проведення підготовчих операцій, внаслідок яких носій має бути повністю очищений від пилу та знежирений — це необхідно для того, щоб плівка чорнила, що утворюється при друкуванні, щільно прилипла до поверхні.

Лак для оздоблення наноситься поверх задрукованого зображення для додаткового захисту від подряпин, вологи та механічного зношування. Може бути матовим або глянцеvim залежно від вимог замовника [4].

1.5 Технологічна схема виробництва та її опис

Технологічний процес виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції способом цифрового УФ-друку являє собою сукупність послідовних взаємопов'язаних операцій, що забезпечують перетворення вихідних матеріалів на готову продукцію відповідної якості. Технологічна схема виробництва наведена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2. Технологічна схема виготовлення рекламно-сувенірної продукції

Виробничий процес розпочинається з прийняття замовлення від клієнта. На цьому етапі уточнюються всі технічні параметри майбутньої продукції: вид виробу, формат, тираж, задруковуваний матеріал (оргскло, ПВХ), кількість фарб, наявність оздоблення, терміни виготовлення та вимоги до якості зображення. Отримані дані фіксуються у виробничому завданні, яке передається на дільницю для виконання.

На етапі додрукарської підготовки здійснюється розробка або приймання готового макету від замовника. Макет має бути підготовлений у форматі PDF або у векторних форматах (AI, CDR, EPS). Технічні вимоги до макету: роздільна здатність растрових зображень — не менше 300 dpi, колірний простір — CMYK, наявність вильотів не менше 3 мм по периметру. Фахівець преп-руму перевіряє отриманий макет на відповідність зазначеним вимогам. У разі виявлення недоліків виконується коригування макету у програмному забезпеченні Adobe Photoshop або Adobe Illustrator. Після перевірки та коригування макет передається на наступний етап виробництва.

З метою контролю кольорового відтворення та узгодження його із замовником виконується пробний роздрук на кольоровому принтері. Отриманий відбиток порівнюється з оригіналом або затвердженим зразком. У разі необхідності виконується корекція кольорового профілю та повторний пробний друк. Після досягнення відповідності між пробним відбитком та очікуваним результатом замовник підписує кольоропробу, і макет передається на виробництво. Цей етап є обов'язковим для замовлень з підвищеними вимогами до точності кольоропередачі.

Листи оргскла або ПВХ необхідного формату нарізаються на заготовки на форматно-розкрійному обладнанні відповідно до розмірів, зазначених у виробничому завданні. Після різання заготовки проходять ретельну підготовку поверхні: знімається захисна плівка (якщо вона передбачена матеріалом), поверхня протирається безворсовою серветкою, змоченою ізопропиловим спиртом, для видалення пилу, жирних забруднень та відбитків пальців. Якість підготовки поверхні безпосередньо впливає на адгезію УФ-чорнила та довговічність зображення,

тому цей етап виконується особливо ретельно. Підготовлені заготовки укладаються на чисту горизонтальну поверхню та витримуються до повного висихання.

На підготовлену поверхню задрукованого матеріалу рівномірним тонким шаром наноситься праймер (грунтовка). Праймер призначений для покращення адгезії УФ-чорнила до гладких невбираючих поверхонь — оргскла та ПВХ. Нанесення здійснюється за допомогою безворсового тампону або розпилювача рівномірними рухами по всій поверхні заготовки без пропусків та потьоків. Після нанесення праймер витримується протягом часу, визначеного технічними характеристиками конкретного матеріалу, до повного висихання. Правильне нанесення праймеру гарантує міцне зчеплення фарбового шару з підкладкою та запобігає відшаруванню зображення в процесі експлуатації виробу.

Підготовлений задруковуваний матеріал подається на робочий стіл УФ-принтера та фіксується у заданому положенні. Друк виконується способом струминного нанесення УФ-чорнил через друкувальні головки принтера. Зображення формується по проходах каретки над поверхнею матеріалу. Нанесені УФ-чорнила миттєво затвердівають під дією ультрафіолетових світлодіодних ламп, розташованих по обидва боки від друкувальних головок. Це забезпечує отримання зображення з чіткими краями та унеможлиблює розтікання фарби навіть на гладких невбираючих поверхнях. Залежно від насиченості зображення та необхідної щільності фарбового шару друк може виконуватись у кілька проходів. За потреби перед нанесенням кольорового зображення наноситься додатковий білий шар, який виконує роль підкладки та забезпечує яскравість кольорів на прозорих або темних матеріалах. Кількість проходів та режими друку визначаються заздалегідь у налаштуваннях програмного забезпечення принтера відповідно до виду матеріалу та вимог до якості продукції.

Після завершення друку кожна одиниця продукції піддається обов'язковому контролю якості. Візуальна перевірка включає оцінку відповідності кольорового відтворення затвердженій кольоропробі, рівномірності нанесення фарбового шару, відсутності смуг, пропусків, розмитості контурів та інших друкарських дефектів.

Також перевіряється якість адгезії чорнила до поверхні матеріалу шляхом проведення адгезійного тесту. Вироби, що не відповідають встановленим вимогам якості, відбраковуються та направляються на повторний друк або утилізацію.

З метою захисту задрукованої поверхні від механічних пошкоджень, подряпин, вологи та ультрафіолетового випромінювання на відбиток наноситься захисна плівка шляхом ламінування. Вид плівки — матова або глянцева — обирається відповідно до вимог замовника та призначення продукції. Ламінування виконується на плівковому ламінації при заданих параметрах температури та тиску, що забезпечують рівномірне та міцне склеювання плівки з поверхнею відбитку без бульбашок та відшарувань. Після ламінування вироби охолоджуються до кімнатної температури.

Залежно від виду готової продукції виконуються додаткові технологічні операції. Для виробів з оргскла та ПВХ, що потребують фігурного контуру, виконується фрезерування на фрезерно-гравірувальному верстаті з ЧПК відповідно до заданих розмірів та форми. За потреби свердяться монтажні отвори для кріплення виробу. Торці виробів з оргскла при необхідності шліфуються та поліруються для надання готового вигляду. Після завершення всіх операцій фінішного оброблення вироби очищуються від залишків стружки та пилу.

Готова продукція, що пройшла контроль якості, пакується у захисний матеріал — пінополіетилен, пухирчасту плівку або картонні коробки — залежно від виду, розміру та крихкості виробу. Пакування здійснюється таким чином, щоб унеможливити пошкодження продукції під час транспортування. На упаковку наноситься маркування із зазначенням найменування замовника, виду продукції та кількості одиниць. Упакована продукція передається замовнику або відправляється транспортною службою [5].

1.6 Контроль якості продукції

Забезпечення якості продукції на дільниці цифрового УФ-друку потребує побудови системи контролю, що охоплює всі етапи виробничого процесу — від надходження матеріалів до відвантаження готових виробів замовнику. Вибір

конкретних методів і засобів вимірювання визначається видом контрольованих параметрів, необхідною точністю вимірювань, розташуванням контрольних точок у технологічному ланцюжку та критеріями приймання, встановленими нормативною документацією.

Центральним елементом цієї системи є технічний контроль якості — сукупність організаційних і технічних заходів, що забезпечують відповідність продукції встановленим вимогам на кожній стадії її виготовлення. На дільниці УФ-друку об'єктами технічного контролю є: задруковувані матеріали (оргскло, ПВХ, самоклеюча плівка) та УФ-чорнила, що надходять від постачальників; оригінал-макети замовників; параметри технологічних режимів друку; стан і налаштування основного та допоміжного обладнання; напівфабрикати між операціями; готові вироби перед пакуванням.

Залежно від стадії, на якій здійснюється перевірка, розрізняють три основні види контролю.

Вхідний контроль проводиться до запуску матеріалів у виробництво. На дільниці УФ-друку він передбачає перевірку партій оргскла та ПВХ на відповідність заявленим геометричним і фізичним характеристикам, оцінку якості УФ-чорнил за в'язкістю та відповідністю колірним профілям, а також перевірку макетів замовника на відповідність технічним вимогам до друку (роздільна здатність, колірний простір, наявність вильотів).

Операційний контроль ведеться безпосередньо в процесі виробництва після кожної значущої технологічної операції. Це дозволяє виявляти відхилення від норми на ранньому етапі — до того, як дефект пошириться на весь тираж. Після операції підготовки поверхні контролюється повнота знежирення; після друку — рівномірність нанесення фарбового шару, відповідність кольорів кольоропробі та якість адгезії чорнила; після фрезерування — точність контурів виробів і стан торців.

Приймальний контроль є фінальною перевіркою перед передачею продукції замовнику. На цьому етапі кожна одиниця або вибіркова партія оцінюється за сукупністю нормованих показників якості.

Для оцінки якості продукції на дільниці застосовується кілька груп методів. Інструментальні методи включають геометричний контроль — перевірку розмірів виробів штангенциркулем або вимірювальними шаблонами — та фізико-хімічний аналіз, що проводиться переважно при вхідному контролі матеріалів. Органолептичний (візуальний) контроль залишається основним методом оцінки якості відбитків: оператор порівнює готовий виріб із затвердженою кольоропробою, виявляє смуги, пропуски, нерівномірність заливок і дефекти адгезії. За потреби деталі перевіряються через лупу. Розрахунковий метод застосовується при визначенні дози УФ-опромінення та перевірки відповідності параметрів друку паспортним характеристикам обладнання.

Окрему роль відіграють статистичні методи контролю, що відповідають вимогам системи менеджменту якості згідно з ДСТУ ISO 9000. Їхня принципова перевага над суцільним контролем — здатність виявляти системні відхилення у процесі виробництва, а не після завершення тиражу. Аналіз вибірових даних дозволяє встановити причини появи дефектів — наприклад, знос друкувальних головок або нестабільність потужності УФ-ламп — і усунути їх до того, як вони призведуть до масового браку. Ефективне застосування статистичних методів можливе лише за умови стабільності технологічного процесу, що досягається регулярним технічним обслуговуванням обладнання та суворим дотриманням встановлених режимів.

Поточний попереджувальний контроль реалізується на початку кожної зміни: оператор перевіряє перші відбитки після запуску обладнання, оцінює стан друкувальних головок і параметри УФ-затвердіння. Виявлені відхилення усуваються до початку тиражного друку.

Самоконтроль операторів є невід'ємною частиною системи: кожен виконавець несе відповідальність за якість виконаних ним операцій і фіксує результати перевірки в супровідній документації. Це скорочує кількість контрольних операцій, що виконуються окремою службою, і підвищує загальну відповідальність персоналу. Водночас покладати на оператора повний обсяг контрольних функцій недоцільно —

він не має всього необхідного обладнання і може не помітити системних відхилень, які очевидні сторонньому фахівцю.

Для координації всієї контрольної діяльності на дільниці призначається відповідальний за якість — інженер або старший оператор із відповідними повноваженнями. Його функції включають розробку та актуалізацію технологічних карт контролю, в яких для кожної операції зазначено: контрольовані параметри, допустимі відхилення, метод перевірки та відповідальний виконавець. Наявність таких карт є необхідною умовою стабільності якості, особливо при зміні персоналу або введенні нових видів продукції [6].

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок виробничої програми

Виробнича програма дільниці визначає планований обсяг випуску продукції за певний період часу та є основою для розрахунку необхідної кількості обладнання, чисельності працівників і витрат матеріалів.

Річний фонд робочого часу розраховується виходячи з режиму роботи дільниці. Дільниця працює в однозмінному режимі тривалістю 8 годин на добу, п'ять днів на тиждень.

Номінальний річний фонд робочого часу визначається за формулою 2.1 [7]:

$$\Phi_{\text{н}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{в}} - D_{\text{с}}) \cdot t_{\text{зм}}, \quad (2.1)$$

де $D_{\text{к}}$ — кількість календарних днів на рік, $D_{\text{к}} = 365$ днів; $D_{\text{в}}$ — кількість вихідних днів на рік, $D_{\text{в}} = 104$ дні; $D_{\text{с}}$ — кількість святкових днів на рік, $D_{\text{с}} = 11$ днів; $t_{\text{зм}}$ — тривалість робочої зміни, $t_{\text{зм}} = 8$ год.

$$\Phi_{\text{н}} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год/рік}$$

Дійсний (ефективний) річний фонд робочого часу обладнання визначається з урахуванням планових простоїв на технічне обслуговування та ремонт (2.2) [7]:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (2.2)$$

де α — коефіцієнт планових простоїв обладнання на ремонт та технічне обслуговування, $\alpha = 5$ %.

$$\Phi_d = 2000 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 2000 \cdot 0,95 = 1900 \text{ год/рік.}$$

Річна потужність дільниці за завданням становить:

$$P_{\text{рік}} = 905000 \text{ м}^2/\text{рік.}$$

Добова продуктивність дільниці (2.3) [7]:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_{\text{рік}}}{D_p}, \quad (2.3)$$

де D_p — кількість робочих днів на рік, $D_p = 250$ днів.

$$P_{\text{доб}} = \frac{905000}{250} = 3\,620 \text{ м}^2/\text{добу.}$$

Годинна продуктивність дільниці (2.4) [7]:

$$P_{\text{год}} = \frac{P_{\text{доб}}}{t_{\text{зм}}}, \quad (2.4)$$

$$P_{\text{год}} = \frac{3620}{8} = 452,5 \text{ м}^2/\text{год.}$$

На дільниці виготовляються таблички та вивіски з ПВХ і оргскла. Розподіл обсягу випуску між видами продукції приймається відповідно до планового асортименту.

На таблиці 2.1 зображена виробнича програма дільниці

Таблиця 2.1 – Виробнича програма дільниці

Вид продукції	Частка, %	Річний обсяг, м ²	Добовий обсяг, м ²
Таблички та вивіски з ПВХ	55	497750	1991
Таблички та вивіски з оргскла	35	316750	1267
Інша продукція	10	90500	362
Разом	100	905000	3620

При виготовленні продукції виникають технологічні відходи, пов'язані з розкромом матеріалу, налагодженням обладнання та браком. Коефіцієнт використання матеріалу приймається [7]:

– для ПВХ: $k_{\text{вик}} = 0,92$;

– для оргскла: $k_{\text{вик}} = 0,90$.

Необхідний обсяг закупівлі матеріалів з урахуванням відходів розраховується за формулою: (2.5) [7]:

$$Q_{\text{матеріал}} = \frac{P_{\text{матеріал}}}{k_{\text{вик}}}, \quad (2.5)$$

де $P_{\text{матеріал}}$ - річний обсяг випуску продукції з (табл. 2.1).

Розрахуємо необхідний обсяг закупівлі матеріалів для ПВХ та оргскла:

$$Q_{\text{ПВХ}} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{k_{\text{вик}}} = \frac{497750}{0,92} = 540924 \text{ м}^2/\text{рік},$$

$$Q_{\text{орг}} = \frac{P_{\text{орг}}}{k_{\text{вик}}} = \frac{316750}{0,90} = 351944 \text{ м}^2/\text{рік}.$$

Результати розрахунку виробничої програми зводяться до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Зведена виробнича програма дільниці

Показник	Значення
Річна потужність дільниці, м ² /рік	905000
Кількість робочих днів на рік, дні	250
Режим роботи	Однозмінний
Тривалість зміни, год	8
Номінальний річний фонд часу, год/рік	2000
Дійсний річний фонд часу, год/рік	1900
Добова продуктивність, м ² /добу	3620
Годинна продуктивність, м ² /год	452,5

Отримані значення виробничої програми є вихідними даними для подальшого розрахунку необхідної кількості основного та допоміжного обладнання.

2.2 Вибір та технічна характеристика основного обладнання

Основним обладнанням дільниці виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції є УФ-принтер. До обладнання даного типу висуваються такі основні вимоги:

- можливість друку на жорстких невбираючих матеріалах — ПВХ та оргсклі товщиною до 10 мм;
- достатня продуктивність для забезпечення запроєктованого річного обсягу випуску продукції;

- висока роздільна здатність друку для забезпечення якісного відтворення дрібних деталей зображення;
- наявність вбудованої системи УФ-затвердіння чорнила;
- можливість друку білою фарбою для задруковування прозорих матеріалів;
- надійність та доступність сервісного обслуговування.

Для вибору оптимальної моделі УФ-принтера було розглянуто три моделі провідних виробників: Roland VersaUV LEC2-640, Mimaki JFX200-2513 та Epson SureColor SC-V7000. Порівняльна характеристика розглянутих моделей наведена в таблиці 2.3 [8, 9, 10].

Таблиця 2.3 — Порівняльна характеристика УФ-принтерів [8, 9, 10]

Характеристика	Roland VersaUV LEC2-640	Mimaki JFX200-2513	Epson SureColor SC-V7000
Максимальний формат друку, мм	640 × 1000	2500 × 1300	1625 × ∞
Роздільна здатність, dpi	1440 × 1440	1200 × 1200	1440 × 1440
Максимальна швидкість друку, м ² /год	11,2	57,6	19,2
Максимальна товщина матеріалу, мм	0,5	50	15
Кількість кольорів	4 + W + Varnish	4 + W	4 + W
Тип УФ-ламп	LED	LED	LED
Споживана потужність, кВт	0,29	3,5	2,8
Маса, кг	195	750	270
Габарити (Д × Ш × В), мм	1790 × 750 × 1380	3610 × 1840 × 1370	2690 × 760 × 1290

Для об'єктивного порівняння обладнання основні показники було переведено у п'ятибальну шкалу, де 5 — найкращий показник серед розглянутих моделей. Результати оцінювання наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 — Показники якості УФ-принтерів у п'ятибальній шкалі [8, 9, 10]

Характеристика	Roland VersaUV LEC2-640	Mimaki JFX200-2513	Epson SureColor SC-V7000
Максимальний формат друку	2,0	5,0	4,5
Роздільна здатність	5,0	4,0	5,0
Швидкість друку	1,0	5,0	1,7
Товщина матеріалу	1,0	5,0	3,0
Асортимент чорнил	5,0	3,5	3,5
Енергоефективність	5,0	1,0	2,0
Компактність	4,5	1,0	4,0
Сума балів	23,5	24,5	23,7

За результатами порівняльного аналізу для виробництва рекламно-сувенірної продукції обрано УФ-принтер Mimaki JFX200-2513, оскільки ця модель має найвищу сумарну оцінку та найкраще відповідає вимогам запроєктованої дільниці: забезпечує друк на жорстких матеріалах товщиною до 50 мм, має найвищу продуктивність серед розглянутих моделей (57,6 м²/год), що дозволяє забезпечити запроєктований річний обсяг випуску продукції 905 тис. м²/рік, а великий робочий формат (2500×1300 мм) дозволяє ефективно розміщувати розкладку виробів різних форматів.

Технічна характеристика обраного УФ-принтера Mimaki JFX200-2513 наведена в таблиці 2.5

боки від друкувальних головок. Така конструкція забезпечує якісний друк на будь-яких жорстких невбираючих поверхнях без розтікання та змащування чорнила.

Окрім основного УФ-принтера, до складу технологічного обладнання дільниці входить допоміжне обладнання, перелік якого наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 — Перелік допоміжного обладнання дільниці [11, 12, 13, 14]

Найменування обладнання	Модель	Призначення
УФ-принтер	Mimaki JFX200-2513	Друк рекламно-сувенірної поліграфічної продукції
Форматно-розкрійний верстат	Vektor H-3 1325	Різання листів ПВХ та оргскла
Фрезерно-гравірувальний верстат	Multicam 1000 Series	Фігурна обробка та фрезерування контурів виробів
Плівковий ламінатор	GBC Titan 65	Ламінування готової поліграфічної продукції

2.3 Розрахунок кількості обладнання

Розрахунок необхідної кількості основного технологічного обладнання виконується виходячи з річної виробничої програми дільниці та дійсного річного фонду робочого часу обладнання, визначених у підрозділі 2.1.

Розрахункова кількість одиниць основного обладнання визначається за формулою 2.6 [15]:

$$n_{\text{розр}} = P_{\text{рік}} / (P_{\text{год}} \cdot \Phi_{\text{д}}), \quad (2.6)$$

де $P_{\text{рік}}$ — річна потужність дільниці, м²/рік;

$P_{\text{год}}$ — годинна продуктивність одиниці обладнання, м²/год;

$\Phi_{\text{д}}$ — дійсний річний фонд робочого часу обладнання, год/рік.

Годинна продуктивність УФ-принтера Mimaki JFX200-2513 згідно з технічною характеристикою становить $\Pi_{\text{год}} = 57,6 \text{ м}^2/\text{год}$. Однак слід враховувати, що паспортна продуктивність досягається лише в режимі найвищої швидкості при зниженій якості друку. При виконанні якісного тиражного друку з необхідною роздільною здатністю коефіцієнт використання паспортної продуктивності приймається $k_{\text{п}} = 0,75$.

Дійсна продуктивність принтера при тиражному друку (2.7) [15]:

$$\Pi_{\text{год-д}} = \Pi_{\text{год}} \cdot k_{\text{п}}, \quad (2.7)$$

$$\Pi_{\text{год-д}} = 57,6 \cdot 0,75 = 43,2 \text{ м}^2/\text{год}$$

Розрахункова кількість принтерів (2.8) [15]:

$$n_{\text{розр}} = \frac{\Pi_{\text{рік}}}{\Pi_{\text{год-д}} \cdot \Phi_{\text{д}}}, \quad (2.8)$$

$$n_{\text{розр}} = \frac{905000}{43,2 \cdot 1900} = \frac{905000}{82080} = 11,02$$

Приймаємо кількість УФ-принтерів $n_{\text{прин}} = 12$ одиниць.

Коефіцієнт завантаження обладнання (2.9) [15]:

$$k_{\text{зав}} = \frac{n_{\text{розр}}}{n_{\text{прин}}}, \quad (2.9)$$

$$k_{\text{зав}} = \frac{11,02}{12} = 0,92$$

Коефіцієнт завантаження обладнання становить 0,92, що відповідає нормативному значенню 0,75–0,95, тобто обладнання завантажене раціонально.

Форматно-розкрійний верстат Vektor H-3 1325 використовується для різання листів ПВХ та оргскла на заготовки необхідного формату. Продуктивність верстата становить $P_{\text{верст}} = 25 \text{ м}^2/\text{год}$. Коефіцієнт використання паспортної продуктивності з урахуванням часу на налагодження та зміну матеріалу приймається $k_{\text{п}} = 0,85$.

Дійсна продуктивність верстата (2.10) [15]:

$$P_{\text{верст-д}} = P_{\text{верст}} \cdot k_{\text{п}}, \quad (2.10)$$

$$P_{\text{верст-д}} = 25 \cdot 0,85 = 21,25 \text{ м}^2/\text{год}$$

З урахуванням технологічних відходів при розкрої (коефіцієнт використання матеріалу $k_{\text{вик}} = 0,91$) річний обсяг розкрою матеріалу становить (2.11) [15]:

$$P_{\text{розкр}} = \frac{P_{\text{рік}}}{k_{\text{вик}}}, \quad (2.11)$$

$$P_{\text{розкр}} = \frac{905000}{0,91} = 994505 \text{ м}^2/\text{рік}.$$

Розрахункова кількість верстатів (2.12) [15]:

$$n_{\text{верст}} = \frac{P_{\text{розкр}}}{P_{\text{верст-д}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k_{\text{п}}}, \quad (2.12)$$

$$n_{\text{верст}} = \frac{994505}{49,7 \cdot 1900 \cdot 0,85} = \frac{994505}{80206} = 12,40$$

Приймаємо кількість форматно-розкрійних верстатів $n_{\text{прийн}} = 13$ одиниць з коефіцієнтом завантаження (2.9):

$$k_{\text{зав}} = \frac{n_{\text{верст}}}{n_{\text{прийн}}} = \frac{12,40}{13} = 0,91$$

Форматно-розкрійний верстат Vektor H-3 1325 використовується для різання листів ПВХ та оргскла на заготовки необхідного формату. Детальний розрахунок продуктивності верстата виконано у підрозділі 2.6, де визначено дійсну продуктивність $\Pi_{\text{верст-д}} = 49,7 \text{ м}^2/\text{год}$. Коефіцієнт використання робочого часу $k_{\text{п}} = 0,85$.

З урахуванням технологічних відходів при розкрої ($k_{\text{вик}} = 0,91$) річний обсяг розкрою матеріалу (2.13) [15]:

$$\Pi_{\text{розкр}} = \frac{\Pi_{\text{рік}}}{k_{\text{вик}}}, \quad (2.13)$$

$$\Pi_{\text{розкр}} = \frac{905000}{0,91} = 994505 \text{ м}^2/\text{рік}.$$

Приймаємо кількість фрезерно-гравірувальних верстатів $n_{\text{прийн}} = 18$ одиниць з коефіцієнтом завантаження за формулою 2.9:

$$k_{\text{зав}} = \frac{15,74}{18} = 0,98$$

Плівковий ламінатор GBC Titan 65 використовується для нанесення захисної плівки на задруковану продукцію. Дійсна продуктивність ламінатора визначена у підрозділі 2.6 і становить $\Pi_{\text{лам-д}} = 86,4 \text{ м}^2/\text{год}$. Ламінуванню піддається 70% загального обсягу продукції. Коефіцієнт використання робочого часу $k_{\text{п}} = 0,85$.

Річний обсяг продукції що підлягає ламінуванню (2.14) [15]:

$$\Pi_{\text{лам-рік}} = \Pi_{\text{рік}} \cdot \frac{L}{100} \quad (2.14)$$

$$\Pi_{\text{лам-рік}} = 905000 \cdot \frac{7}{100} = 905000 \cdot 0,70 = 633500 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Розрахункова кількість ламінаторів визначаємо за прикладом верстатів 2.12:

$$n_{\text{лам}} = \frac{P_{\text{лам-рік}}}{P_{\text{лам-д}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k_{\text{п}}} = \frac{633500}{86,4 \cdot 1900 \cdot 0,85} = \frac{633500}{139536} = 4,54$$

Приймаємо кількість ламіраторів $n_{\text{прийн}} = 5$ одиниць з коефіцієнтом завантаження (2.9):

$$k_{\text{зав}} = \frac{4,54}{5} = 0,91$$

Зведена відомість кількості обладнання зведені до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 — Зведена відомість обладнання ділянки

Найменування обладнання	Модель	Розрахункова кількість	Прийнята кількість	Коефіцієнт завантаження
УФ-принтер	Mimaki JFX200-2513	11,02	12	0,92
Форматно-розкрийний верстат	Vektor H-3 1325	12,40	13	0,95
Фрезерно-гравірувальний верстат	Multicam 1000 Series	15,74	16	0,98
Ламінатор	GBC Titan 65	4,54	5	0,91

Усі коефіцієнти завантаження обладнання знаходяться в межах нормативних значень 0,75–0,99, що свідчить про раціональне використання обладнання на запроєктованій ділянці.

2.4 Технологічний розрахунок основного апарату

Технологічний розрахунок основного апарату — УФ-принтера Mimaki JFX200-2513 — включає розрахунок продуктивності, витрати чорнил та визначення оптимальних режимів друку.

Продуктивність УФ-принтера визначається кількістю виробів формату А4 (210×297 мм), що можуть бути задруковані за одиницю часу.

Площа одного виробу формату А4 (2.15) [16]:

$$S_{\text{виробу}} = a \cdot b, \quad (2.15)$$

$$S_{\text{виробу}} = 0,210 \cdot 0,297 = 0,0624 \text{ м}^2$$

де a — ширина виробу, м; b — довжина виробу, м.

Площа робочого поля принтера Mimaki JFX200-2513:

$$S_{\text{поля}} = 2,500 \cdot 1,300 = 3,25 \text{ м}^2$$

Кількість виробів формату А4, що розміщуються на робочому полі принтера за умови раціональної розкладки з урахуванням технологічних відступів між виробами 5 мм:

Розмір виробу з відступами: $(210 + 5) \times (297 + 5) = 215 \times 302$ мм.

Кількість виробів по ширині та довжині поля:

$$n_{\text{ш}} = \frac{2500}{215} = 11,6 \rightarrow \text{приймаємо } 11 \text{ шт.}$$

$$n_{\text{д}} = \frac{1300}{302} = 4,3 \rightarrow \text{приймаємо } 4 \text{ шт.}$$

Кількість виробів на одному аркуші (розкладка) (2.16) [16]:

$$n_{\text{розкл}} = n_{\text{ш}} \cdot n_{\text{д}}, \quad (2.16)$$

$$n_{\text{розкл}} = 11 \cdot 4 = 44 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання площі робочого поля (2.17) [16]:

$$k_{\text{пл}} = \frac{n_{\text{розкл}} \cdot S_{\text{виробу}}}{S_{\text{поля}}}, \quad (2.17)$$

$$k_{\text{пл}} = \frac{44 \cdot 0,0624}{3,25} = \frac{2,745}{3,25} = 0,845$$

Коефіцієнт використання площі робочого поля становить 0,845, що є задовільним показником для виробів формату А4.

Паспортна швидкість друку принтера у режимі якісного друку (1200×1200 dpi): $V_{\text{друк}} = 21,6 \text{ м}^2/\text{год}$. Можемо розрахувати час друку одного проходу (одного аркуша розкладки) (2.18) [16]:

$$t_{\text{друку}} = \frac{S_{\text{поля}}}{V_{\text{друк}}}, \quad (2.18)$$

$$t_{\text{друку}} = \frac{3,25}{21,6} = 0,150 \text{ год} = 9,03 \text{ хв}$$

З урахуванням часу на завантаження та вивантаження матеріалу ($t_{\text{зав}} = 2 \text{ хв}$) та часу на обслуговування принтера між проходами ($t_{\text{обсл}} = 1 \text{ хв}$) повний час циклу одного проходу (2.19) [16]:

$$t_{\text{цикл}} = t_{\text{друку}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{обсл}} \quad (2.19)$$

$$t_{\text{цикл}} = 9,03 + 2 + 1 = 12,03 \text{ хв.}$$

Кількість проходів за годину (2.20) [16]:

$$N_{\text{проходів}} = \frac{60}{t_{\text{цикл}}}, \quad (2.20)$$

$$N_{\text{проходів}} = \frac{60}{12,03} = 4,99 \approx 5 \text{ проходів/год.}$$

Годинна продуктивність принтера у виробі формату А4 (2.21) [16]:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{Год-шт}} &= N_{\text{проходів}} \cdot n_{\text{розкл}}, \\ \Pi_{\text{Год-шт}} &= 5 \cdot 44 = 220 \text{ шт/год} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Годинна продуктивність принтера у площі (2.22) [16]:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{Год-м}^2} &= N_{\text{проходів}} \cdot S_{\text{поля}} \\ \Pi_{\text{Год-м}^2} &= 5 \cdot 3,25 = 16,25 \text{ м}^2/\text{год}. \end{aligned} \quad (2.22)$$

Змінна продуктивність принтера (2.23) [16]:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{зм}} &= \Pi_{\text{Год-шт}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot k_{\text{п}}, \\ \Pi_{\text{зм}} &= 220 \cdot 8 \cdot 0,75 = 1320 \text{ шт/зміну}. \end{aligned} \quad (2.23)$$

де $k_{\text{п}}$ — коефіцієнт використання робочого часу, $k_{\text{п}} = 0,75$.

Добова продуктивність принтера (2.24) [16]:

$$\Pi_{\text{доб}} = \Pi_{\text{зм}} = 1\,320 \text{ шт/добу (однорічний режим)} \quad (2.24)$$

Річна продуктивність одного принтера (2.25) [16]:

$$\Pi_{\text{рік-од}} = \Pi_{\text{доб}} \cdot D_{\text{р}} = 1\,320 \cdot 250 = 330\,000 \text{ шт/рік} \quad (2.25)$$

Витрата УФ-чорнил залежить від режиму друку, кількості проходів друкувальної каретки та кольорового охоплення зображення.

Питома витрата чорнила одного кольору при друці у режимі 1200×1200 dpi становить $q_{\text{чорн}} = 3,5 \text{ мл/м}^2$.

Загальна питома витрата чорнил для чотириколірного друку (СМҮК) (2.26) [17]:

$$q_{\text{СМУК}} = q_{\text{чорн}} \cdot 4 \quad (2.26)$$

$$q_{\text{СМУК}} = 3,5 \cdot 4 = 14,0 \text{ мл/м}^2$$

З урахуванням того, що середнє заповнення поверхні виробу фарбою становить $k_{\text{зап}} = 0,70$ (70% площі задруковується) (2.27) [17]:

$$q_{\text{факт}} = q_{\text{СМУК}} \cdot k_{\text{зап}}, \quad (2.27)$$

$$q_{\text{факт}} = 14,0 \cdot 0,70 = 9,8 \text{ мл/м}^2$$

Додатково для 30% продукції, що друкується на прозорому оргсклі, наноситься білий шар з питомою витратою [17]:

$$q_{\text{білий}} = 4,0 \cdot 0,30 = 1,2 \text{ мл/м}^2$$

Загальна питома витрата чорнил з урахуванням білого шару (2.28) [17]:

$$q_{\text{заг}} = q_{\text{факт}} + q_{\text{білий}} = 9,8 + 1,2 = 11,0 \text{ мл/м}^2 \quad (2.28)$$

Річна витрата чорнил на один принтер (2.29) [17]:

$$Q_{\text{чорн-од}} = q_{\text{заг}} \cdot \Pi_{\text{год-м}^2} \cdot \Phi_{\text{д}}, \quad (2.29)$$

$$Q_{\text{чорн-од}} = 11,0 \cdot 16,25 \cdot 1900 = 340625 \text{ мл} = 340,6 \text{ л/рік.}$$

Річна витрата чорнил на всі 12 принтерів дільниці [16]:

$$Q_{\text{чорн-заг}} = Q_{\text{чорн-од}} \cdot n_{\text{принт}}, \quad (2.30)$$

$$Q_{\text{чорн-заг}} = 340,6 \cdot 12 = 4087,5 \text{ л/рік.}$$

Розподіл річної витрати чорнил за кольорами наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 — Річна витрата УФ-чорнил на дільниці

Колір чорнила	Частка від загальної витрати, %	Річна витрата на 1 принтер, л	Річна витрата на всі принтери, л
Блакитний (C)	22	74,9	899,3
Пурпуровий (M)	22	74,9	899,3
Жовтий (Y)	18	61,3	735,8
Чорний (K)	27	91,9	1102,8
Білий (W)	11	37,5	450,3
Разом	100	340,6	4087,5

Режими друку УФ-принтера Mimaki JFX200-2513 встановлюються залежно від виду задрукованого матеріалу та вимог до якості продукції.

Для друку на ПВХ та оргсклі приймаються такі технологічні параметри (табл. 2.9):

Таблиця 2.9 — Технологічні режими друку

Параметр	ПВХ	Оргскло
Роздільна здатність, dpi	1200×1200	1200×1200
Кількість проходів каретки	8	10
Швидкість переміщення каретки, м/с	0,8	0,6
Потужність УФ-ламп, %	80	100
Відстань від головок до матеріалу, мм	1,5	2,0
Температура робочого столу, °С	25	25
Кількість шарів білого підкладу	—	1

Збільшена кількість проходів каретки при друці на оргсклі (10 проходів порівняно з 8 для ПВХ) обумовлена більш гладкою поверхнею матеріалу та необхідністю формування щільнішого фарбового шару для забезпечення якісної адгезії чорнила. Підвищена потужність УФ-ламп (100% замість 80%) для оргскла забезпечує повне затвердіння чорнила на невбираючій прозорій поверхні.

Результати технологічного розрахунку УФ-принтера Mimaki JFX200-2513 зведені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 — Зведені результати технологічного розрахунку

Показник	Значення
Формат виробу	A4 (210 × 297 мм)
Кількість виробів на розкладці, шт	44
Коефіцієнт використання площі поля	0,845
Час циклу одного проходу, хв	12,03
Годинна продуктивність, шт/год	220
Годинна продуктивність, м ² /год	16,25
Змінна продуктивність, шт/зміну	1320
Річна продуктивність одного принтера, шт/рік	330000
Питома витрата чорнил, мл/м ²	11,0
Річна витрата чорнил на всі принтери, л/рік	4087,5

2.5 Конструктивний розрахунок основного апарату

Конструктивний розрахунок УФ-принтера Mimaki JFX200-2513 включає визначення основних конструктивних параметрів друкувального вузла, робочого столу та системи переміщення каретки.

Друкувальні головки є основним конструктивним елементом УФ-принтера, що безпосередньо визначає якість та продуктивність друку. Кількість сопел на одній друкувальній головці для принтера Mimaki JFX200-2513: $n_{\text{сопел}} = 512$ сопел/головка. Кількість друкувальних головок на принтері: $n_{\text{головак}} = 8$ головок.

Загальна кількість сопел принтера (2.31) [9]:

$$N_{\text{сопел}} = n_{\text{сопел}} \cdot n_{\text{головак}} \quad (2.31)$$

$$N_{\text{сопел}} = 512 \cdot 8 = 4096 \text{ сопел}$$

Крок між соплами у друкувальній головці при роздільній здатності 1200 dpi (2.32) [18]:

$$d_{\text{сопел}} = \frac{25,4}{1200} = 21,2 \text{ мк} \quad (2.32)$$

де 25,4 — кількість міліметрів в одному дюймі.

Ширина зони друку однієї головки (2.33) [9]:

$$B_{\text{головак}} = n_{\text{сопел}} \cdot d_{\text{сопел}} = 512 \cdot 0,0212 = 10,85 \text{ мм} \quad (2.33)$$

Загальна ширина зони друку всіх головок при їх послідовному розташуванні вздовж осі Y (2.34) [9]:

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{головак}} \cdot n_{\text{головак}} = 10,85 \cdot 8 = 86,8 \text{ мм} \quad (2.34)$$

Об'єм краплі чорнила що викидається одним соплом: $V_{\text{краплі}} = 7 \text{ пл} = 7 \cdot 10^{-12} \text{ л}$.

Витрата чорнила одного сопла за секунду при частоті викиду краплі $f = 20 \text{ кГц}$ (2.35) [18]:

$$q_{\text{сопла}} = V_{\text{краплі}} \cdot f \quad (2.35)$$

$$q_{\text{сопла}} = 7 \cdot 10^{-12} \cdot 20\,000 = 1,4 \cdot 10^{-7} \text{ л/с}$$

Загальна витрата чорнила всіх сопел принтера за секунду (2.36):

$$q_{\text{заг}} = q_{\text{сопла}} \cdot N_{\text{сопел}} \quad (2.36)$$

$$q_{\text{заг}} = 1,4 \cdot 10^{-7} \cdot 4096 = 5,73 \cdot 10^{-4} \text{ л/с} = 2,06 \text{ л/год.}$$

Каретка з друкувальними головками та УФ-лампами переміщується по осі X (поперек матеріалу) за допомогою лінійного приводу.

Швидкість переміщення каретки при друці у режимі 1200×1200 dpi: $V_{\text{карет}} = 0,8$ м/с = 48 м/хв.

Довжина робочого ходу каретки по осі X (2.37) [9]:

$$L_{\text{ход}} = V_{\text{поля}} + 2 \cdot L_{\text{розгін}}, \quad (2.37)$$

де $V_{\text{поля}}$ — ширина робочого поля принтера, $V_{\text{поля}} = 2,500$ м; $L_{\text{розгін}}$ — довжина ділянки розгону та гальмування каретки, $L_{\text{розгін}} = 0,05$ м.

$$L_{\text{ход}} = 2,500 + 2 \cdot 0,05 = 2,600 \text{ м.}$$

Час одного проходу каретки по осі X (2.38) [9]:

$$t_{\text{проходу}} = \frac{L_{\text{ход}}}{V_{\text{карет}}} \quad (2.38)$$

$$t_{\text{проходу}} = \frac{2,600}{0,8} = 3,25 \text{ с.}$$

Крок переміщення каретки по осі Y між проходами при роздільній здатності 1200 dpi: $\Delta y = V_{\text{заг}} = 86,8$ мм = 0,0868 м.

Кількість проходів каретки для задрукування всього поля по осі Y (2.39) [18]:

$$N_{\text{проходів-}Y} = \frac{L_{\text{поля}}}{B_{\text{заг}}}, \quad (2.39)$$

$$N_{\text{проходів-}Y} = \frac{1,300}{0,0868} = 14,98 \approx 15 \text{ проходів}$$

де $L_{\text{поля}}$ — довжина робочого поля принтера по осі Y , $L_{\text{поля}} = 1,300$ м.

Загальний час друку одного аркуша розкладки при кількості проходів каретки 8 (режим якісного друку) (2.40) [18]:

$$t_{\text{друку}} = N_{\text{проходів-}Y} \cdot n_{\text{проходів}} \cdot t_{\text{проходу}} \quad (2.40)$$

$$t_{\text{друку}} = 15 \cdot 8 \cdot 3,25 = 390 \text{ с} = 6,5 \text{ хв.}$$

де $n_{\text{проходів}}$ — кількість проходів каретки на кожен смугу (кількість проходів режиму якості).

Система УФ-затвердіння складається зі світлодіодних УФ-ламп, розташованих по обидва боки від друкувальних головок на каретці.

Довжина УФ-лампи вздовж осі Y : $L_{\text{лампи}} = B_{\text{заг}} = 86,8$ мм. Потужність однієї УФ-лампи: $W_{\text{лампи}} = 120$ Вт. Кількість УФ-ламп на каретці: $n_{\text{ламп}} = 2$ (по одній з кожного боку від головок).

Загальна потужність системи УФ-затвердіння (2.41) [18]:

$$W_{\text{УФ}} = W_{\text{лампи}} \cdot n_{\text{ламп}} \quad (2.41)$$

$$W_{\text{УФ}} = 120 \cdot 2 = 240 \text{ Вт.}$$

Інтенсивність УФ-випромінювання на поверхні матеріалу (2.42) [18]:

$$E_{\text{УФ}} = \frac{W_{\text{УФ}}}{S_{\text{лампи}} \cdot t_{\text{опром}}}, \quad (2.42)$$

де $t_{\text{опром}}$ — час опромінення поверхні лампою при одному проході каретки (2.43) [18].

$$W_{\text{уф}} = W_{\text{лампи}} \cdot n_{\text{ламп}} = 120 \cdot 2 = 240 \text{ Вт.} \quad (2.43)$$

Час опромінення ділянки поверхні при одному проході каретки (2.44) [18]:

$$t_{\text{опром}} = \frac{L_{\text{лампи}}}{V_{\text{карет}}}, \quad (2.44)$$

$$t_{\text{опром}} = \frac{0,0868}{0,8} = 0,1085 \text{ с}$$

Доза УФ-опромінення за один прохід каретки (2.45) [18]:

$$D_{\text{уф}} = E_{\text{уф}} \cdot t_{\text{опром}} = \frac{W_{\text{уф}}}{S_{\text{лампи}} \cdot t_{\text{опром}}}, \quad (2.45)$$

де $S_{\text{лампи}}$ — площа освітлення лампи.

Визначимо площу освітлення лампи (2.46) [18]:

$$S_{\text{лампи}} = L_{\text{лампи}} \cdot V_{\text{карет}} \cdot t_{\text{опром}} \quad (2.46)$$

$$S_{\text{лампи}} = 0,0868 \cdot 0,8 \cdot 0,1085 = 0,00754 \text{ м}^2.$$

Використовуючи формули 2.42 та 2.45 визначасмо інтенсивність та дозу УФ-опромінення [18]:

$$E_{\text{уф}} = \frac{W_{\text{уф}}}{S_{\text{лампи}}} = \frac{240}{0,00754} = 31829 \text{ Вт/м}^2 \approx 31,8 \text{ кВт/м}^2.$$

$$D_{\text{УФ}} = 31829 \cdot 0,1085 = 3453 \text{ Дж/м}^2 = 345,3 \text{ мДж/см}^2$$

Отримана доза УФ-опромінення 345,3 мДж/см² є достатньою для повного затвердіння УФ-чорнил Mimaki, для яких мінімальна доза затвердіння становить 200–300 мДж/см², що підтверджує правильність обраних параметрів системи УФ-затвердіння.

2.6 Розрахунок допоміжного обладнання

До складу допоміжного обладнання дільниці виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції входять: форматно-розкрійний верстат, фрезерно-гравірувальний верстат з ЧПК та плівковий ламінатор. Розрахунок кожного виду допоміжного обладнання виконується з метою визначення його основних технологічних параметрів та підтвердження достатності прийнятої кількості одиниць.

Форматно-розкрійний верстат призначений для розрізання листів ПВХ та оргскла на заготовки необхідного формату перед подачею на друк.

Визначення кількості листів матеріалу що розрізаються за добу.

Стандартний лист ПВХ та оргскла має формат 1500×3000 мм. Площа стандартного листа (2.47) [11]:

$$S_{\text{листа}} = 1,500 \cdot 3,000 = 4,5 \text{ м}^2 \quad (2.47)$$

Добовий обсяг розкрою матеріалу з урахуванням відходів (визначений у підрозділі 2.1) (2.48) [18]:

$$P_{\text{розкр-доб}} = \frac{P_{\text{розкр-рік}}}{D_p} \quad (2.48)$$

$$P_{\text{розкр-доб}} = \frac{994505}{250} = 3978 \text{ м}^2/\text{добу}.$$

Кількість стандартних листів що розрізаються за добу (4.49) [18]:

$$N_{\text{листів}} = \frac{P_{\text{розкр-доб}}}{S_{\text{листа}}} \quad (2.49)$$

$$N_{\text{листів}} = \frac{3978}{4,5} = 884 \text{ листи/добу.}$$

Визначення схеми розкрою листа на заготовки формату А4.

З листа формату 1500×3000 мм нарізаються заготовки формату А4 (210×297 мм) з урахуванням відступів 5 мм між заготовками. Розмір заготовки з відступом: 215×302 мм.

Кількість заготовок по ширині та довжині листа:

$$n_{\text{ш-листа}} = \frac{1500}{215} = 6,97 \rightarrow \text{приймаємо 6 шт.}$$

$$n_{\text{д-листа}} = \frac{3000}{302} = 9,93 \rightarrow \text{приймаємо 9 шт.}$$

Кількість заготовок з одного листа:

$$n_{\text{заг-листа}} = n_{\text{ш-листа}} \cdot n_{\text{д-листа}} = 6 \cdot 9 = 54 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання площі листа (2.50) [18]:

$$k_{\text{листа}} = \frac{n_{\text{заг-листа}} \cdot S_{\text{виробу}}}{S_{\text{листа}}} \quad (2.50)$$

$$k_{\text{листа}} = (54 \cdot 0,0624) / 4,5 = 3,37 / 4,5 = 0,748$$

Кількість різів по ширині та довжині листа для однієї заготовки:

$$n_{\text{різів-ш}} = n_{\text{ш-листа}} + 1 = 6 + 1 = 7 \text{ різів}$$

$$n_{\text{різів-д}} = n_{\text{д-листа}} + 1 = 9 + 1 = 10 \text{ різів}$$

Загальна кількість різів на один лист:

$$n_{\text{різів-заг}} = n_{\text{різів-ш}} + n_{\text{різів-д}} = 7 + 10 = 17 \text{ різів/лист}$$

Швидкість різання верстата Vektor H-3 1325: $V_{\text{різ}} = 40$ м/хв. Час одного різу по ширині листа ($L = 1,500$ м) (2.51) [11]:

$$t_{\text{різу-ш}} = \frac{L_{\text{ш}}}{V_{\text{різ}}} \quad (2.51)$$

$$t_{\text{різу-ш}} = \frac{1,500}{40/60} = \frac{1,500}{0,667} = 2,25 \text{ с.}$$

Час одного різу по довжині листа ($L = 3,000$ м) (2.52) [18]:

$$t_{\text{різу-д}} = \frac{L_{\text{д}}}{V_{\text{різ}}} = \frac{3,000}{0,667} = 4,50 \text{ с.} \quad (2.52)$$

Час налагодження та фіксації листа перед кожним різом: $t_{\text{налаг}} = 5$ с.

Загальний час розкрою одного листа (2.53) [18]:

$$t_{\text{листа}} = n_{\text{різів-ш}} \cdot (t_{\text{різу-ш}} + t_{\text{налаг}}) + n_{\text{різів-д}} \cdot (t_{\text{різу-д}} + t_{\text{налаг}}) \quad (2.53)$$

$$t_{\text{листа}} = 7 \cdot (2,25 + 5) + 10 \cdot (4,50 + 5) = 7 \cdot 7,25 + 10 \cdot 9,50 = 50,75 + 95,0 = 145,75 \text{ с} \approx 2,43 \text{ хв.}$$

Час завантаження та вивантаження листа: $t_{\text{зав-лист}} = 3$ хв.

Повний час циклу обробки одного листа (2.54):

$$t_{\text{цикл-лист}} = t_{\text{листа}} + t_{\text{зав-лист}} = 2,43 + 3,0 = 5,43 \text{ хв.} \quad (2.54)$$

Продуктивність одного верстата за годину (у листах) (2.55) [11]:

$$P_{\text{верст-год}} = \frac{60}{t_{\text{цикл-лист}}} = \frac{60}{5,43} = 11,05 \text{ листів/год} \quad (2.55)$$

Продуктивність одного верстата за годину (у площі) (2.56):

$$P_{\text{верст-м}^2} = P_{\text{верст-год}} \cdot S_{\text{листа}} = 11,05 \cdot 4,5 = 49,7 \text{ м}^2/\text{год.} \quad (2.56)$$

Перевірка достатності прийнятої кількості верстатів.

Необхідна кількість верстатів для забезпечення добового обсягу розкрою (2.57)

[16]:

$$n_{\text{верст-розр}} = \frac{P_{\text{розкр-доб}}}{P_{\text{верст-м}^2} \cdot t_{\text{зм}} \cdot k_{\text{п}}} \quad (2.57)$$

$$n_{\text{верст-розр}} = \frac{3978}{49,7 \cdot 8 \cdot 0,85} = \frac{3978}{337,8} = 11,77$$

Прийнята кількість верстатів $n_{\text{прийн}} = 13$ одиниць забезпечує виконання виробничої програми з коефіцієнтом завантаження (2.58) [16]:

$$k_{\text{зав}} = \frac{11,77}{13} = 0,91 \quad (2.58)$$

Фрезерно-гравірувальний верстат з ЧПК призначений для фігурного фрезерування контурів готових виробів після друку.

Технічна характеристика верстата Multicam 1000 Series:

- робоче поле: 1525×3050 мм;
- швидкість переміщення по осях X та Y: до 30 м/хв;
- швидкість фрезерування ПВХ: 8–12 м/хв;
- швидкість фрезерування оргскла: 4–6 м/хв;
- частота обертання шпинделя: 6000–24000 об/хв.

Середня швидкість фрезерування з урахуванням асортименту продукції (55% ПВХ і 35% оргскла від обсягу що фрезерується):

$V_{\text{фрез-ПВХ}} = 10$ м/хв (середнє значення для ПВХ); $V_{\text{фрез-орг}} = 5$ м/хв (середнє значення для оргскла).

Середня зважена швидкість фрезерування (2.59) [12]:

$$V_{\text{фрез-сер}} = V_{\text{фрез-ПВХ}} \cdot 0,611 + V_{\text{фрез-орг}} \cdot 0,389 \quad (2.59)$$

$$V_{\text{фрез-сер}} = 10 \cdot 0,611 + 5 \cdot 0,389 = 6,11 + 1,94 = 8,05 \text{ м/хв.}$$

де частки 0,611 та 0,389 визначені як співвідношення ПВХ (55%) та оргскла (35%) до загального обсягу що фрезерується (90%).

Середній периметр виробу формату А4 (2.60) [12]:

$$P_{\text{виробу}} = 2 \cdot (a + b) \quad (2.60)$$

$$P_{\text{виробу}} = 2 \cdot (0,210 + 0,297) = 2 \cdot 0,507 = 1,014 \text{ м.}$$

Час фрезерування контуру одного виробу (2.61) [12]:

$$t_{\text{фрез-од}} = \frac{P_{\text{виробу}}}{V_{\text{фрез-сер}}} \quad (2.61)$$

$$t_{\text{фрез-од}} = \frac{1,014}{8,05} = 0,126 \text{ хв} = 7,57 \text{ с.}$$

Час переміщення між виробами на столі верстата та підйому фрези: $t_{\text{перем}} = 3$ с.

Повний час обробки одного виробу (2.62) [12]:

$$t_{\text{цикл-фрез}} = t_{\text{фрез-од}} + t_{\text{перем}} \quad (2.62)$$

$$t_{\text{цикл-фрез}} = 7,57 + 3,0 = 10,57 \text{ с} = 0,176 \text{ хв}$$

На робочому полі верстата (1525×3050 мм) розміщується 70 виробів формату А4 (7 по ширині × 10 по довжині). Час завантаження та вивантаження одного завантаження верстата $t_{\text{зав-верст}} = 5$ хв.

Продуктивність одного верстата (2.63) [16]:

$$П_{\text{фрез-год}} = \frac{60 \cdot 70}{70 \cdot 0,176 + 5} = \frac{4200}{17,32} = 242,5 \text{ шт/год} \quad (2.63)$$

$$П_{\text{фрез-м}^2} = 242,5 \cdot 0,0624 = 15,13 \text{ м}^2/\text{год}$$

Необхідна кількість верстатів (2.64) [16]:

$$n_{\text{фрез-розр}} = \frac{П_{\text{фрез-рік}}}{П_{\text{фрез-м}^2} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k_{\text{п}}} \quad (2.64)$$

$$n_{\text{фрез-розр}} = \frac{362000}{15,13 \cdot 1900 \cdot 0,80} = \frac{362000}{23000} = 15,74$$

Прийнята кількість верстатів $n_{\text{прийн}} = 16$ одиниць, коефіцієнт завантаження за формулою 2.58 [16]:

$$k_{\text{зав}} = \frac{11,77}{16} = 0,98$$

Технічна характеристика ламінатора GBC Titan 65:

- максимальна ширина ламінування: 650 мм;
- швидкість ламінування: до 6 м/хв;
- температура нагрівальних валів: 60–160 °С;

— товщина плівки що припресовується: 25–250 мкм.

Для ламінування виробів формату А4 приймаються такі режими: швидкість $V_{\text{лам}} = 4$ м/хв, температура $T_{\text{лам}} = 100\text{--}120$ °С, тиск валів $P_{\text{вал}} = 3,5$ бар. Вироби подаються у 2 ряди по ширині ламінатора. Час циклу на один виріб з урахуванням відступу між виробами: $t_{\text{цикл-лам}} = 5,20$ с

Продуктивність ламінатора (2.65) [13]:

$$P_{\text{лам-год}} = \frac{3600}{t_{\text{цикл-лам}}} \cdot n_{\text{ряд}} \quad (2.65)$$

$$P_{\text{лам-год}} = \frac{3600}{5,20} \cdot 2 = 1384,6 \text{ шт/ГОД}$$

Необхідна кількість ламінаторів (2.66) [13]:

$$n_{\text{лам-розр}} = \frac{P_{\text{лам-рік}}}{P_{\text{лам-м}^2} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k_{\text{п}}} \quad (2.66)$$

$$n_{\text{лам-розр}} = \frac{633500}{86,4 \cdot 1900 \cdot 0,85}$$

Прийнята кількість ламінаторів $n_{\text{прийн}} = 5$ одиниць, коефіцієнт завантаження:

$$k_{\text{зав}} = \frac{4,54}{5} = 0,91$$

Зведені результати розрахунку допоміжного обладнання представлені на таблиці 2.11

Таблиця 2.11 — Зведені результати розрахунку допоміжного обладнання

Обладнання	Модель	Продуктивність, м ² /год	Розрахункова кількість	Прийнята кількість	Коефіцієнт завантаження
Форматно-розкрійний верстат	Vektor H-3 1325	49,71	1,77	2	0,91
Фрезерно-гравірувальний верстат	Multicam 1000 Series	15,13	15,74	16	0,98

Плівковий ламінатор	GBC Titan 65	86,4	4,54	5	0,91
---------------------	--------------	------	------	---	------

2.7 Автоматизація технологічного процесу

У процесі виробництва сувенірної продукції традиційний візуальний контроль, який виконується оператором після завершення циклу, поступається місцем суцільному автоматизованому аналізу в реальному часі. Функціонування таких комплексів базується на інтеграції високошвидкісних систем комп'ютерного зору безпосередньо в зону друку УФ-плотера. Оптичні датчики фіксують стан формування шару чорнила та здійснюють безперервне покомпонентне порівняння поточного відбитка з еталонною цифровою моделлю виробу.

Завдяки застосуванню навчених моделей машинного навчання автоматизована система здатна в поточному режимі розпізнавати, локалізувати та класифікувати за ступенем небезпеки специфічні дефекти, притаманні сувенірному УФ-друку:

- геометричні зміщення та розмиття меж зображення через неправильне позиціонування заготовки або деформацію сувенірного виробу;
- порушення режиму полімеризації (закріплення) чорнил, спричинені падінням потужності випромінювання УФ-LED блоків;
- неоднорідність плашкових заливок та дефекти текстурованого (3D) друку, що виникають внаслідок часткового забиття чи випадіння дюз друкарських головок;
- мікротріщини або відшарування лакового покриття на краях готових сувенірів.

Практичне використання інтелектуальних систем оптичного контролю на УФ-друкарському обладнанні забезпечує зниження обсягів технологічного браку на 30–40 %, що є критично важливим при роботі з дорогою сувенірною основою. Окрім цього, інтеграція комп'ютерного зору з аналітичними платформами великих даних (Big Data) дозволяє реалізувати предиктивне (прогностичне) керування. Аналізуючи закономірності появи мікродефектів, система здатна заздалегідь виявляти їхні системні причини: відхилення в'язкості УФ-чорнил через коливання температури в

зоні друку, критичний знос ламп полімеризації або небезпечне зменшення зазору між друкарською голівкою та нерівною поверхнею сувеніра, запобігаючи аварійним поломкам дорогого обладнання.

2.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Організація охорони праці на дільниці цифрового УФ-друку потужністю 905 тис. м²/рік визначається сукупністю специфічних виробничих факторів, що принципово відрізняють цей тип виробництва від традиційних офсетних або трафаретних дільниць і вимагають диференційованого підходу до формування системи безпеки. Правову основу організації охорони праці становлять Закон України «Про охорону праці», Кодекс законів про працю України та Кодекс цивільного захисту України, якими на роботодавця покладається повна відповідальність за відповідність умов праці нормативним вимогам, проведення інструктажів, забезпечення засобами індивідуального захисту та організацію медичних оглядів персоналу.

Провідним специфічним фактором виробничого середовища на запроєктованій дільниці є електромагнітне випромінювання оптичного діапазону, що генерується світлодіодними УФ-лампами системи фотополімеризації чорнил принтерів Mimaki JFX200-2513. Незважаючи на те, що лампи типу LED-UV працюють у відносно безпечному діапазоні UV-A з довжиною хвилі 365–395 нм і не продукують озону на відміну від ртутних аналогів, систематичний прямий вплив випромінювання на незахищені тканини ока та шкіру операторів є неприпустимим і здатний спричинити фотокератит, еритему і довгострокові дегенеративні зміни сітківки. Обслуговуючий персонал, що перебуває в безпосередній близькості від активної зони друку, зобов'язаний використовувати захисні окуляри зі спектральним фільтром, що забезпечує оптичну густину не менше 2,0 у діапазоні 350–400 нм.

Хімічний фактор на дільниці формується трьома групами речовин з якісно різним характером впливу на організм людини. Перша група — УФ-чорнила на основі акрилатних мономерів, олігомерів і фотоініціаторів типу альфа-гідроксикетон:

у незатверділому стані ці речовини є потенційними сенсibilізаторами і при систематичному дермальному контакті здатні формувати стійку алергічну реакцію, що не піддається десенсibilізації. Друга група — ізопропанолові очисні розчини з концентрацією спирту 70–99,9%, що використовуються для обслуговування друкувальних головок і знежирення задруковуваних поверхонь: ці речовини є легкозаймистими рідинами з температурою спалаху 11,7°C і потребують зберігання в герметичній тарі в спеціально відведених місцях, віддалених від джерел тепла та іскроутворення. Третя група — праймери на основі поліуретанових або акрилових сполук, що наносяться на поверхню ПВХ та оргскла перед друком і при нанесенні методом розпилення утворюють аерозоль, здатний проникати в дихальні шляхи глибше, ніж звичайний пар. Виконання всіх операцій з перерахованими речовинами здійснюється виключно в нітрилових рукавичках категорії захисту EN 374; при розпиленні праймера — з використанням напівмаски з комбінованим фільтром класу A2P2.

Фактор пилового забруднення повітря робочої зони є найбільш небезпечним з точки зору довгострокових наслідків для здоров'я персоналу і формується виключно в зоні фрезерно-гравірувальних верстатів Multicam 1000 Series при механічній обробці оргскла і ПВХ. Фрезерування полімерних матеріалів супроводжується утворенням респірабельної фракції пилу з розміром часток менше 10 мкм, що безперешкодно долає мукоциліарний бар'єр верхніх дихальних шляхів і осідає в альвеолярній зоні легень, викликаючи при хронічному впливі пневмоконіотичні зміни легеневої тканини. Частилки ПВХ додатково містять залишкові кількості пластифікаторів і стабілізаторів, що підвищує їх токсичний потенціал. З огляду на те, що на дільниці одночасно працюють 16 фрезерних верстатів, кожен з них підключається до індивідуальної аспіраційної установки продуктивністю не менше 1200 м³/год з рукавним фільтром ефективністю 99,5% за фракцією PM2.5; запуск шпинделя верстата блокується апаратно при вимкненій аспірації.

Акустичний фактор на дільниці визначається одночасною роботою 12 УФ-принтерів, 16 фрезерних верстатів, 13 розкрійних столів і 5 ламінаторів, сумарний

еквівалентний рівень шуму від яких у виробничому приміщенні може досягати 88–92 дБА, що суттєво перевищує гранично допустимий рівень 80 дБА, встановлений ДСН 3.3.6.037-99. Тривале перебування в таких умовах без засобів захисту призводить до прогресуючої нейросенсорної приглухуватості з переважним ураженням частот 3000–6000 Гц. Персонал, що постійно перебуває в зоні фрезерних верстатів, зобов'язаний використовувати навушники або вкладиші з індексом послаблення шуму SNR не менше 28 дБ; для операторів УФ-принтерів достатнім є застосування вкладишів SNR 20 дБ. Верстати встановлюються на шаруватих віброізолювальних підкладках із жорсткістю, розрахованою під конкретну масу обладнання, що одночасно знижує рівень структурного шуму і вібраційне навантаження на підлогу.

Ергономічний фактор стосується передусім операторів преп-руму, що виконують тривалу роботу за моніторами з підготовки та перевірки макетів. Статична робоча поза в поєднанні з напруженням акомодативного апарату ока формує синдром комп'ютерного зору і міофасціальний больовий синдром шийно-грудного відділу хребта при відсутності організаційних заходів. Робочі місця цієї категорії персоналу облаштовуються відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98: монітори з діагоналлю не менше 21" і частотою оновлення не менше 75 Гц, регульовані крісла з поперековою підтримкою, освітленість горизонтальної робочої поверхні 300–500 лк від джерел з індексом кольоровіддачі $R_a \geq 80$, обов'язкові мікропаузи тривалістю 5 хвилин кожні 45 хвилин роботи.

Профілактика виробничого травматизму на дільниці базується на принципі апаратного захисту з пріоритетом над організаційними заходами: захисні огороження рухомих частин верстатів з блокуванням приводу при їх відкритті, кінцеві вимикачі на всіх небезпечних вузлах, аварійні кнопки «СТОП» в зоні досяжності оператора кожного верстата. Переміщення листів оргскла і ПВХ формату 1500×3000 мм виконується двома операторами з використанням захисних рукавичок або вакуумних захоплювачів, оскільки свіжообрізані краї матеріалів мають гостроту, достатню для глибоких порізів. Допуск до самостійної роботи надається виключно після проходження вступного інструктажу, первинного інструктажу на робочому

місці, стажування тривалістю не менше трьох змін і перевірки знань комісією підприємства з оформленням відповідного запису в журналі інструктажів.

Пожежна небезпека на дільниці визначається наявністю двох категорій горючих матеріалів з принципово різними режимами горіння. Ізопропанол і праймери відносяться до легкозаймистих рідин і є джерелом потенційного об'ємного спалаху при значній концентрації парів у закритому приміщенні; їх зберігання здійснюється у металевих шафах з природною вентиляцією в кількості, що не перевищує добову норму витрати. ПВХ і оргскло при горінні виділяють токсичні продукти термічного розкладу — хлористий водень і акролеїн відповідно, що унеможлиблює самостійне гасіння пожежі в зоні полімерних відходів без засобів захисту органів дихання. Виробничі приміщення дільниці обладнуються адресно-аналоговою системою пожежної сигналізації з димовими і тепловими сповіщувачами, вуглекислотними вогнегасниками ВВК-5 для гасіння електрообладнання і порошковими ВП-5 для загального застосування з розрахунку два вогнегасники на кожні 100 м² площі приміщення; евакуаційні виходи позначаються фотолюмінесцентними знаками і залишаються незахаращеними в будь-який час.

З огляду на умови воєнного стану в Україні заходи цивільного захисту є невід'ємною частиною системи безпеки підприємства, а не формальною вимогою нормативних документів. На підприємстві визначається захисна споруда або обладнується найпростіше укриття в підвальному приміщенні будівлі відповідно до вимог ДСТУ 4219:2003; ємність укриття розраховується на весь персонал однієї зміни з урахуванням нормативної площі 0,5 м² на людину. Алгоритм дій при сигналі повітряної тривоги доводиться до кожного працівника під підпис і відпрацьовується на практичних тренуваннях не рідше одного разу на квартал: зупинка обладнання в режимі штатного завершення циклу там, де це можливо без ризику для безпеки, або аварійна зупинка з вимкненням електроживлення, після чого персонал організовано переміщається до укриття за заздалегідь визначеними маршрутами. Аптечки першої допомоги, укомплектовані відповідно до наказу МОЗ України № 2285 від 2022 року, розміщуються в укритті та на кожній виробничій дільниці; засоби зв'язку з резервним

аккумуляторним живленням забезпечують можливість зв'язку з аварійними службами при відключенні електроенергії [19].

2.9 Охорона навколишнього середовища

Дільниця цифрового УФ-друку, попри відносну екологічність обраної технології порівняно з традиційними способами друку, все ж справляє певний вплив на навколишнє середовище. Основні його джерела пов'язані з використанням полімерних задруковуваних матеріалів, УФ-чорнил та допоміжних хімічних речовин, а також з утворенням твердих відходів при розкроюванні та фрезеруванні оргскла і ПВХ. Тому розроблення і дотримання комплексу природоохоронних заходів є невід'ємною частиною організації виробничого процесу.

Головною екологічною перевагою УФ-друку є відсутність летких органічних розчинників у складі чорнил: затвердіння відбувається виключно під дією ультрафіолетового випромінювання, без випаровування шкідливих речовин у повітря робочої зони. Однак фотоініціатори, що входять до складу УФ-чорнил, потребують обережного поводження: залишки незатверділого чорнила та відпрацьовані картриджі належать до категорії хімічних відходів і підлягають утилізації через спеціалізовані служби, а не разом із побутовим сміттям. Для промивання друкувальних головок застосовуються ізопропанолові очисні розчини, збір та утилізація яких також мають бути організовані належним чином.

Значну частку твердих відходів на дільниці становлять обрізки оргскла та ПВХ, що утворюються при розкроюванні листів і фрезеруванні контурів виробів. На відміну від паперових відходів традиційної поліграфії, полімерні обрізки потребують роздільного збору за видами матеріалу та передачі на переробку спеціалізованим підприємствам. Оптимізація схем розкладки виробів на листі дозволяє суттєво скоротити кількість таких відходів: підвищення коефіцієнта використання площі листа навіть на кілька відсотків дає відчутний економічний та екологічний ефект в умовах річного обсягу виробництва 905 тис. м².

Дрібнодисперсний пил, що утворюється при фрезеруванні оргскла та ПВХ, є специфічним шкідливим фактором саме для цього типу виробництва. Частинки акрилу та полівінілхлориду при вдиханні становлять небезпеку для органів дихання персоналу. Тому фрезерно-гравірувальні верстати мають бути обладнані локальними системами аспірації з фільтрацією пилу, а робоча зона — забезпечена загальною припливно-витяжною вентиляцією з достатньою кратністю повітрообміну.

Споживання води на дільниці УФ-друку є мінімальним порівняно з офсетним виробництвом, оскільки технологія не передбачає зволоження форм і промивання з великою витратою рідини. Проте при очищенні робочих поверхонь і обслуговуванні обладнання утворюються стічні води з вмістом залишків чорнил і очисних розчинів. Ці води не можна скидати безпосередньо в каналізацію — необхідне їх попереднє збирання і передача на утилізацію або очищення відповідно до норм водовідведення.

З точки зору енергоспоживання дільниця характеризується помірним навантаженням: УФ-принтери Mimaki JFX200-2513 оснащені світлодіодними лампами замість ртутних, що забезпечує суттєво нижчу споживану потужність системи затвердіння та відсутність озону і ртутного забруднення. Це є одним з аргументів на користь обраної технології з екологічної точки зору.

Для системного управління екологічними аспектами виробництва на дільниці доцільно запровадити базові елементи екологічного менеджменту: облік утворення відходів за видами, контроль витрати чорнил і допоміжних матеріалів, регулярну перевірку стану вентиляційного обладнання та документування всіх операцій з хімічними речовинами. Такий підхід відповідає принципам ДСТУ ISO 14001 і дозволяє не лише мінімізувати екологічний вплив, а й скорочувати витрати за рахунок раціонального використання ресурсів.

Комплекс природоохоронних заходів для запроєктованої дільниці включає: роздільний збір відходів оргскла, ПВХ та хімічних матеріалів з передачею на переробку; встановлення аспіраційних систем на фрезерних верстатах; забезпечення нормативного повітрообміну у виробничих приміщеннях; організацію збору та утилізації відпрацьованих чорнил і очисних розчинів; оптимізацію розкладок для

зменшення відходів матеріалу; моніторинг енергоспоживання обладнання [20]. Для підвищення ефективності природоохоронної діяльності на поліграфічному підприємстві доцільно реалізувати такі заходи:

- впровадження системи роздільного збору відходів;
- передача макулатури на повторну переробку;
- використання екологічно безпечних фарб та витратних матеріалів;
- модернізація вентиляційного обладнання;
- скорочення споживання електроенергії та води;
- автоматизація виробничих процесів;
- проведення регулярного екологічного контролю;
- підвищення екологічної культури працівників [20].

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті розроблено дільницю виготовлення рекламно-сувенірної поліграфічної продукції способом цифрового УФ-друку потужністю 905 тис. м²/рік. За результатами виконаної роботи можна зробити такі висновки.

У технологічній частині проведено аналіз асортименту рекламно-сувенірної продукції та обґрунтовано вибір цифрового УФ-друку як основного способу виробництва. Встановлено, що саме ця технологія є найбільш економічно доцільною для виготовлення продукції малими та середніми тиражами на невбираючих матеріалах — оргсклі та ПВХ. Охарактеризовано вихідні матеріали: задруковувані матеріали (оргскло, ПВХ, самоклеюча плівка, дерево), УФ-чорнила та допоміжні матеріали (праймер, очисні розчини, лак). Описано повну технологічну схему виробництва — від прийняття замовлення та додрукарської підготовки до фінішного оброблення та пакування готової продукції. Визначено методи та засоби контролю якості на всіх етапах виробничого процесу відповідно до вимог чинних стандартів.

У спеціальній частині розраховано виробничу програму дільниці. Номінальний річний фонд робочого часу становить 2000 год/рік, дійсний — 1900 год/рік. Добова продуктивність дільниці складає 3620 м²/добу, годинна — 452,5 м²/год. Визначено необхідний обсяг закупівлі матеріалів з урахуванням технологічних відходів: для ПВХ — 540 924 м²/рік, для оргскла — 351 944 м²/рік.

За результатами порівняльного аналізу трьох моделей УФ-принтерів — Roland VersaUV LEC2-640, Mimaki JFX200-2513 та Epson SureColor SC-V7000 — для оснащення дільниці обрано УФ-принтер Mimaki JFX200-2513. Ця модель забезпечує друк на жорстких матеріалах товщиною до 50 мм, має найвищу продуктивність серед розглянутих (57,6 м²/год) та великий робочий формат 2500×1300 мм, що дозволяє ефективно розміщувати розкладку виробів різних форматів.

Розраховано необхідну кількість обладнання дільниці: 12 УФ-принтерів Mimaki JFX200-2513 з коефіцієнтом завантаження 0,92; 13 форматно-розкрійних верстатів

Vektor H-3 1325 з коефіцієнтом завантаження 0,95; 16 фрезерно-гравірувальних верстатів Multicam 1000 Series з коефіцієнтом завантаження 0,98; 5 плівкових ламінаторів GBC Titan 65 з коефіцієнтом завантаження 0,91. Усі коефіцієнти завантаження знаходяться в межах нормативних значень 0,75–0,99, що підтверджує раціональність прийнятих рішень.

За результатами технологічного розрахунку основного апарату встановлено, що годинна продуктивність одного принтера у режимі якісного друку становить 220 шт/год або 16,25 м²/год, річна продуктивність одного принтера — 330 000 виробів формату А4. Питома витрата УФ-чорнил складає 11,0 мл/м², загальна річна витрата чорнил на всі 12 принтерів дільниці — 4087,5 л/рік. Конструктивний розрахунок підтвердив, що доза УФ-опромінення системи затвердіння становить 345,3 мДж/см², що перевищує мінімально необхідне значення 200–300 мДж/см² та забезпечує повне затвердіння чорнила на всіх задруковуваних матеріалах.

Розглянуто питання автоматизації виробничого процесу на основі інтеграції систем комп'ютерного зору та машинного навчання, що дозволяє знизити обсяги технологічного браку на 30–40% та реалізувати предиктивне керування обладнанням.

У розділах охорони праці та охорони навколишнього середовища визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, встановлено вимоги до умов праці, заходи пожежної безпеки та цивільного захисту. Обґрунтовано комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на скорочення відходів виробництва, зменшення викидів летких органічних сполук та раціональне використання матеріальних і енергетичних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пушкар О. І., Грабовський Є. М., Оленич М. М. Технології поліграфічного виробництва : навч. посіб. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. 13-15 с.
2. Шиян В. О. Розробка комплекту сувенірної продукції для кафедри ДПМ та дизайну : кваліфікаційний проєкт бакалавра. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2019. 6-12 с.
3. Задоянчук О. О. Поліграфічне підприємство з виготовлення сувенірної продукції з дослідженням цифрового друку : магістерська дисертація. Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. 16-18 с.
4. Солтис І. В., Дуболазов О. В. Видавничо-поліграфічні матеріали. Ч. 1. Папір та картон : навч. посіб. Чернівці : Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2021. 243–250 с.
5. Грабовський Є. М., Оленич М. М. Технологічні процеси видавничо-поліграфічної справи : навч. посіб. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 88–90 с.
6. Вовк О. В. Організація виробничого процесу на поліграфічному підприємстві «Формат-Харків» // Матеріали науково-практичної конференції. Харків : Харківський національний університет радіоелектроніки. 16–19 с.
7. Причепя І. В., Руда Л. П. Економіка та організація виробництва: самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 80–81 с.
8. Roland DG. LEC2-640 – software and support page. URL: <https://downloadcenter.rolanddg.com/LEC2-640#software> (дата звернення: 02.06.2026).
9. MediaPrint. Каталог/технічна документація (PDF). URL: <https://mediaprint.ua/upload/iblock/645/6454922b4636d42ba876c55e805d8fa9.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).

10. Epson. SureColor SC-V7000 – широкоформатний УФ-принтер. URL: <https://www.epson.ua/pryntery/shyrokoformatnyy/vyviska-planshet/surecolor-sc-v7000-c11ch89101a0> (дата звернення: 02.06.2026).
11. Color Inkjet Printer TS300P-1800 : Operation Manual / Mimaki Engineering Co., Ltd. URL: https://mimaki.com/archives/034/202105/D202869-17_e.pdf / (дата звернення: 05.06.2026).
12. Інструкція з експлуатації фрезерного верстата з ЧПК серії 1325 (Vektor H-3 1325). Scribd : веб-сайт. URL: [scribd.com](https://www.scribd.com) (дата звернення: 05.06.2026).
13. Специфікації та інструкція з експлуатації фрезерного верстата з ЧПК MultiCam 1000 Series Router. Thomasnet : веб-сайт. URL: <https://cdn.thomasnet.com/ccp/10079423/245759.pdf> (дата звернення: 05.06.2026).
14. Інструкція з експлуатації та технічного обслуговування широкоформатного ламінатора GBC Titan 110/165. ADSS : веб-сайт. URL: https://www.adss.net/documents/manuals/TITAN_110_165_OP_MAN.pdf (дата звернення: 05.06.2026).
15. Кукла Т. Проект цеху виробництва ПП «Янтас» : пояснювальна записка до дипломної роботи за спеціальністю 181 «Харчові технології». Вінниця : Вінницький національний аграрний університет, 2023. 49 с.
16. Технології поліграфічного виробництва : методичні рекомендації до самостійної роботи. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. 36-43 с.
17. Григор'єв О. В., Вовк О. В., Катречко Д. А., Росинська К. А. Цифровий друк: витратні матеріали // Матеріали науково-технічної конференції . Харків, 2023. С. 187–190
18. Технологічне обладнання видавничо-поліграфічного виробництва : навчальний посібник / за ред. О. В. Мельникова. – Львів : Українська академія друкарства, 2005. – 50-66 с.
19. Основи охорони праці : навч. посібник / В. В. Березуцький [та ін.] ; ред. В. В. Березуцький ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – 2-ге вид., перероб. і доп. – Харків : Факт, 2007. 40-43 с.

20. Ніколаєва А. С. Екотехнології в поліграфії : навчальний посібник. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021. 12-20 с

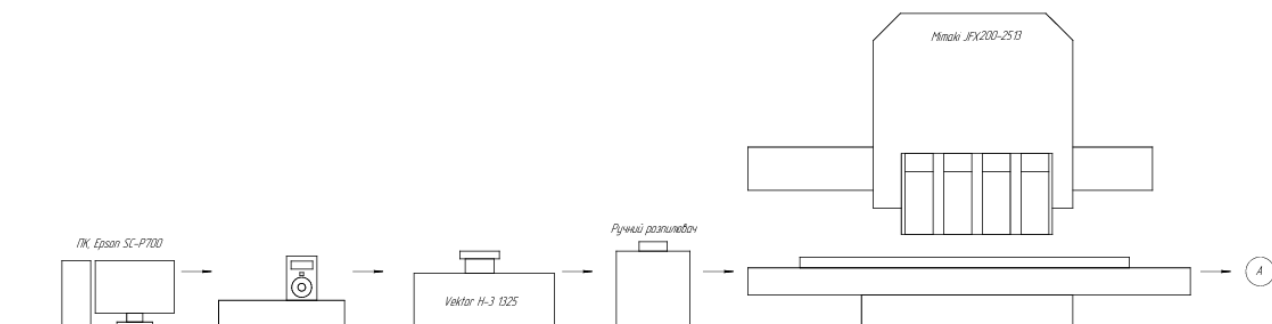
Приймання замовлення та
додаткова підготовка

Кольоропроба

Підготовка задрукуваного
матеріалу

Нанесення ґраімеру

Цифровий УФ-друк



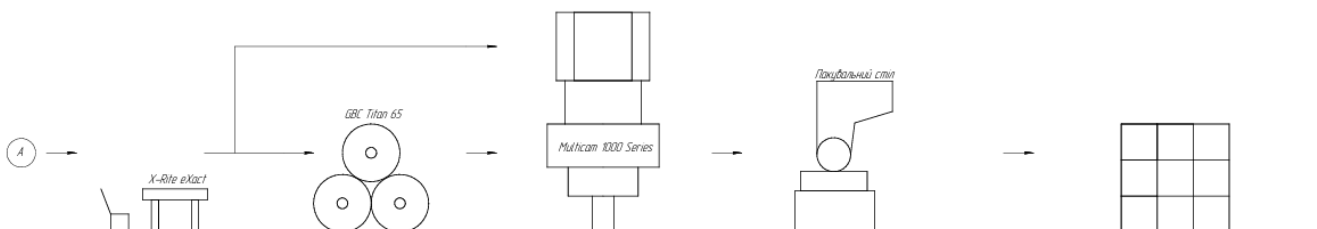
Контроль якості видбитку

Ламінування

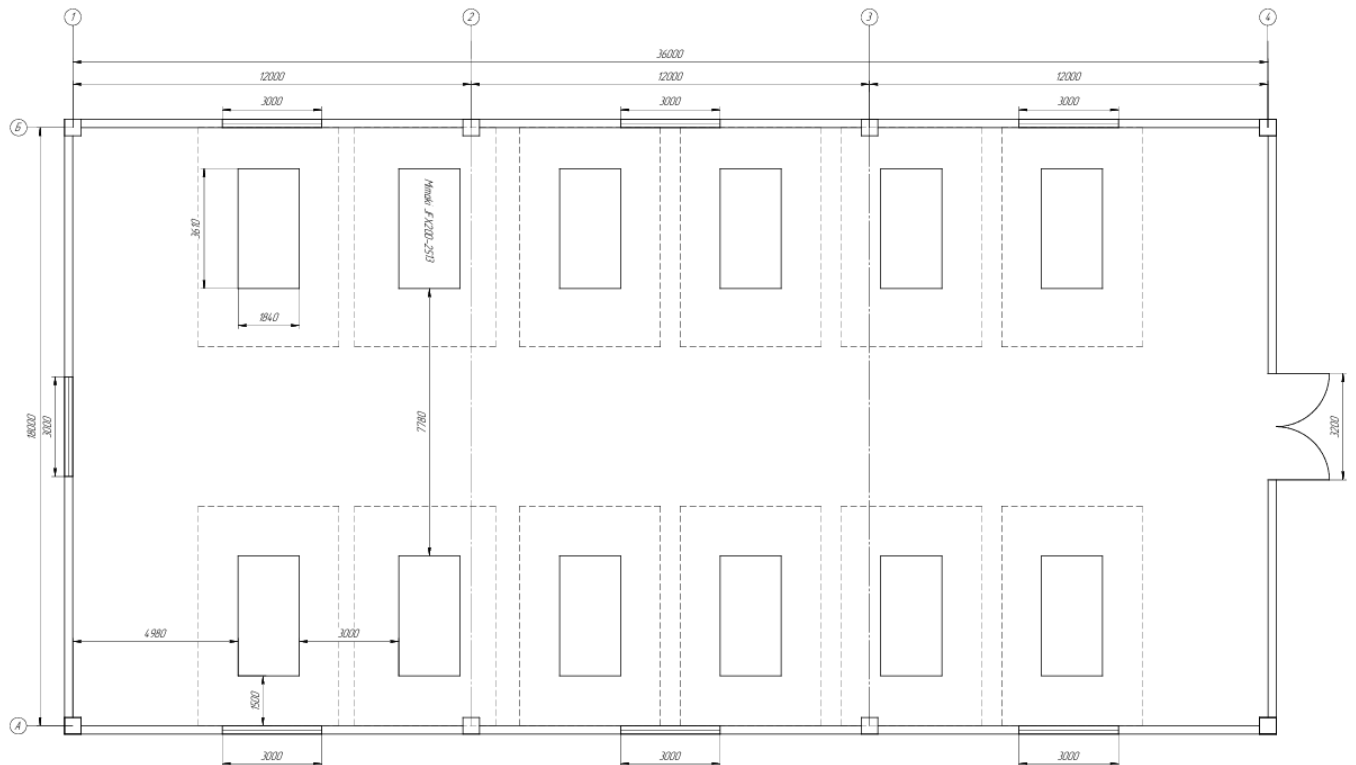
Фінішне оброблення

Пакування та відвантаження

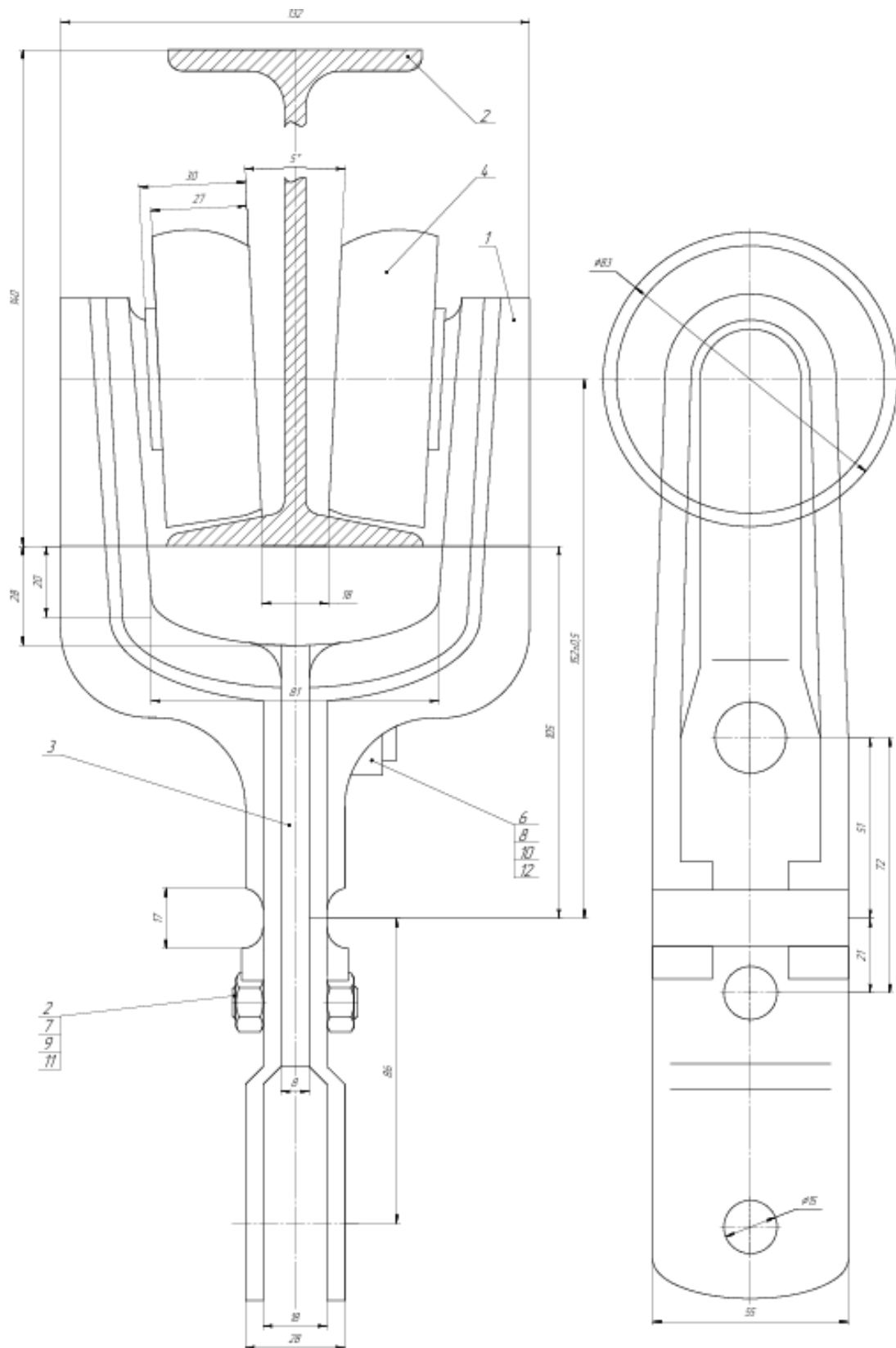
Склад готової продукції



					5ВПз.023.186.002.ТС					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна схема					
Розроб.		Улігічев Д. О.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Третьяков А. О.							73	75
Реценз.								ДВНЗ УДХТУ, каф. МВПВ, гр. 4-ВП-9		
Н. Контр.										
Затверд.										



					5ВПз.023.186.003.КО					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Компановка обладнання					
Розроб.	Улітйчев Д. О.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Третьяков А. О.								74	77
Реценз.								ДВНЗ УДХТУ, каф. МВПВ, гр. 4-ВП-9		
Н. Контр.										
Затверд.										



5ВПз.023.186.004.0В

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Улігічев Д. О.		
Перевір.		Третьяков А. О.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.				

Основний вузол каретка

Літ.	Арк.	Аркушів
	75	75
ДВНЗ УДХТУ, каф. МВПВ, гр. 4-ВП-9		