



## НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад. І.С. Гулого  
 Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв  
 Освітній ступінь Магістр  
 Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(код і назва)  
 Освітньо-професійна програма Інжиніринг поліграфічних та пакувальних виробництв  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

Олександр ГАВВА

«    »      2025 року

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Конрадій Вячеслав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування виробництва з виготовлення та поліграфічного оформлення споживчої картонної упаковки для вівсяного печива накладом 1 млн шт./рік

керівник роботи Чепелюк Олена Олександрівна, доцент, к. т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 17.09.2025 р. №712-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2025

3. Вихідні дані до роботи: Об'єкт пакування – вівсяне печиво Наклад 1 млн шт./рік; матеріал упаковки - картон, маса печива - до 400 г Матеріали виробничої та переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Зміст. Вступ. Аналіз вихідних даних та обґрунтування теми.

Проектно-конструкторська частина. Результати наукових досліджень.

Проектування комплексного технологічного процесу виробництва. Опис життєвого циклу виробу. Техніко-економічне обґрунтування проекту.

Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Креслення: 3D-зображення упаковки; розгортка упаковки; 2D-зображення

план-цеху із компонуванням лінії виробництва упаковки; результати наукових

досліджень; Загальний вигляд та характеристики обладнання

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 18.09.2025 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Вступ</i>	<i>21.09.2025</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Аналіз вихідних даних</i>	<i>02.10.2025</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Проектно-конструкторська частина</i>	<i>25.10.2025</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Результати наукових досліджень</i>	<i>03.11.2025</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Проектування комплексного технологічного процесу виробництва</i>	<i>30.11.2025</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Опис життєвого циклу виробу</i>	<i>05.12.2025</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>06.12.2025</i>	<i>Виконано</i>
8.	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>07.12.2025</i>	<i>Виконано</i>
9.	<i>Висновки</i>	<i>07.12.2025</i>	<i>Виконано</i>
10.	<i>Список використаних джерел</i>	<i>08.12.2025</i>	<i>Виконано</i>
11.	<i>Презентація та креслення</i>	<i>08.12.2025</i>	<i>Виконано</i>

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Вячеслав КОНРАДІЙ*

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

*Олена ЧЕПЕЛЮК*

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота містить 97 сторінок, 2 рисунки, 7 таблиць, 14 джерел, 7 додатків.

Об'єктом розробки є технологічний процес виготовлення картонної упаковки для харчової промисловості.

Метою роботи є проектування ділянки з розрахунку на стартовий наклад 1 млн шт./рік для вівсяного печива. Проте вибір основного технологічного комплексу (формат В1, КВА Rapida, Bobst) базується не на поточному, а на цільовому обсязі виробництва 25 млн шт./рік. Прийнята стратегія передбачає створення резерву виробничої потужності на етапі запуску, що дозволить підприємству без додаткових капіталовкладень масштабувати виробництво та досягти точки беззбитковості (Break-even point) за рахунок залучення нових замовлень сегменту FMCG.

У роботі проведено комплексний аналіз ринку пакування та обґрунтовано доцільність переходу від традиційних форматів А2/А1 до промислового формату В1 700 x 1000 мм, що дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 86,9% та знизити технологічні відходи до 13,1%.

Розроблено оригінальну конструкцію упаковки типу *Reverse Tuck End* з модифікованим замковим з'єднанням, яка має патентну чистоту. В якості основного конструкційного матеріалу обрано целюлозний картон MetsaBoard Pro FBB, що відповідає європейським вимогам щодо відсутності мінеральних олів (MOSH/МОАН) та контакту з харчовими продуктами.

Спроектовано наскрізний технологічний потік на базі офсетної машини КВА Rapida 105 (з технологією безнакладної подачі SIS) та комплексу післядрукарської обробки Bobst (Novacut 106 E, Expertfold 110). Впроваджено екологічні рішення:

технологію *Low-alcohol printing* (вміст спирту 3–5%), використання фарб на рослинній основі та безпроцесних формних пластин (DOP).

Виконано розрахунки виробничих площ, системи вентиляції та мікроклімату. Економічна частина підтверджує ефективність проекту: розрахункова собівартість одиниці продукції становить 4,07 грн, чистий прибуток з одного модельного тиражу — 167 тис. грн, термін окупності капітальних вкладень — 3,5–4,5 років.

### **Ключові слова**

КАРТОННА УПАКОВКА, ОФСЕТНИЙ ДРУК, ФОРМАТ В1, КВА RAPIDA, VOBST, ШТАНЦЮВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ УПАКОВКИ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, СОБІВАРТІСТЬ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ.

## ABSTRACT

The Master's thesis contains 97 pages, 2 figures, 7 tables, 14 references, and 7 appendices.

The object of the development is the technological process of manufacturing cardboard packaging for the food industry.

The purpose of the work is to design a production section based on an initial run of 1 million units/year for oatmeal cookies. However, the selection of the main technological complex (B1 format, KBA Rapida, Bobst) is based on the target production volume of 25 million units/year rather than the current one. The adopted strategy involves creating a reserve of production capacity at the launch stage, which will allow the enterprise to scale production and reach the break-even point without additional capital investment by attracting new orders from the FMCG segment.

A comprehensive analysis of the packaging market was conducted, and the feasibility of transitioning from traditional A2/A1 formats to the industrial B1 format 700 x 1000 mm was substantiated; this allowed increasing the material utilization rate to 86.9% and reducing technological waste to 13.1%.

An original *Reverse Tuck End* packaging design with a modified locking mechanism was developed, which possesses patent purity. MetsaBoard Pro FBB virgin fibre board was selected as the main structural material, complying with European requirements regarding the absence of mineral oils (MOSH/MOAH) and food contact safety.

An end-to-end technological flow was designed based on the KBA Rapida 105 offset machine (featuring SIS sensoric infeed technology) and the Bobst post-press processing complex (Novacut 106 E, Expertfold 110). Environmental solutions were implemented: *Low-alcohol printing* technology (alcohol content 3–5%), the use of vegetable-based inks, and processless printing plates (DOP).

Calculations of production areas, ventilation systems, and microclimate parameters were performed. The economic section confirms the project's efficiency: the estimated unit cost is 4.07 UAH, net profit from a single model run is 167 thousand UAH, and the payback period for capital investments is 3.5–4.5 years.

### **Keywords**

CARDBOARD PACKAGING, OFFSET PRINTING, B1 FORMAT, KBA RAPIDA, BOBST, DIE-CUTTING, PACKAGING DESIGN, ENVIRONMENTAL SAFETY, COST PRICE, PAYBACK PERIOD.

ЗМІСТ	
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ	13
1.1. Аналіз ринку картонної упаковки	13
1.2. Характеристика об'єкта проектування (Вимоги до упаковки, класифікація).	15
1.3. Огляд існуючих технологічних рішень та обладнання (офсет vs флексо, КВА vs Heidelberg).	18
1.4. Патентні дослідження	21
1.5. Обґрунтування напрямку проектування	24
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	27
2.1. Вибір та обґрунтування матеріалів	27
2.2. Розробка конструкції упаковки	29
2.3. Технологічні розрахунки спуску смуг та вибір формату	31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
3.1 Дослідження напружено-деформованого стану упаковки	34
3.2 Системний аналіз технології («Чорна скринька»)	36
3.3 Розробка технологічної схеми та специфікація обладнання	38
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА	40
4.1. Характеристика виробничої програми	40
4.2. Структурна схема технологічного процесу	41
4.3. Додрукарські процеси	43
4.4. Друкарський процес	47
4.5. Післядрукарські процеси	50

4.6. Проектування виробничих площ та логістика	54
РОЗДІЛ 5. ОПИС ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБУ	59
5.1. Маркетинговий аналіз та сегментація замовників	59
5.2. Модель життєвого циклу упаковки (LCA)	60
5.3. Утилізація та відповідність законодавству України	61
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
6.1. Аналіз небезпечних факторів виробництва	63
6.2. Заходи з охорони праці	65
6.3. Пожежна безпека	68
6.4. Екологічна безпека виробництва (Утилізація відходів)	71
РОЗДІЛ 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	74
7.1. Розрахунок капітальних вкладень	74
7.2. Розрахунок собівартості продукції	77
7.3. Визначення фінансових результатів та ефективності	84
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
ДОДАТКИ	91

## ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний стан ринку пакування характеризується швидкою трансформацією, викликаною глобальним екологічним трендом та імплементацією європейських директив щодо обмеження обігу полімерної тари. Це зумовлює стійке зростання попиту на картонну упаковку для харчової промисловості (на 12-15% щорічно). Разом з тим, аналіз поліграфічної галузі України виявляє системну інженерну проблему: невідповідність наявного парку технологічного обладнання (переважно формати А2/А1) вимогам до рентабельного виробництва середніх накладів (300-500 тис. шт.). Типові технологічні лінії характеризуються високою матеріаломісткістю та значною часткою ручної праці на етапах постпресу. У цьому контексті проектування спеціалізованої високопродуктивної дільниці на базі офсетного друкарського обладнання формату В1 та автоматизованих ліній штанцювання є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого дозволяє задовольнити потреби харчової промисловості у складній екологічній упаковці.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв за напрямом удосконалення ресурсозберігаючих технологій та підвищення ефективності пакувального обладнання.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є розробка комплексного проекту виробничої дільниці з початковим замовленням на 1 млн коробок для вівсяного печива, з перспективою виходу потужностей на 25 млн шт./рік за рахунок залучення нових замовників, та забезпеченням рівня рентабельності підприємства не нижче 20%.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі завдання:

Проаналізувати стан ринку та обґрунтувати перехід до технології офсетного друку формату В1.

Виконані патентні дослідження конструкцій упаковки та вузлів друкарського обладнання.

Розробити конструкцію вторинної упаковки типу Reverse Tuck End та оптимізовану схему розкладки на аркуші.

Спроектований наскрізний технологічний процес на базі комплексу машин КВА Rapida та Bobst.

Розробити планувальне рішення цеху з дотриманням норм охорони праці та екологічної безпеки.

Здійснити техніко-економічне обґрунтування інвестиційної привабливості проекту.

Об'єкт дослідження - технологічний процес виготовлення картонної упаковки.

Предмет дослідження - параметри технологічного обладнання, методи оптимізації розкрою матеріалів та організація виробничого потоку.

**Методи дослідження.** У роботі використано методи: системного аналізу (для вибору структури виробництва), порівняльного аналізу (для вибору основного технологічного обладнання), математичного моделювання (для розрахунку завантаження та коефіцієнта використання матеріалу), а також методи графічного проектування.

Наукова новизна одержаних результатів:

Дістало подальшого розвитку наукове обґрунтування вибору параметрів технологічного процесу шляхом встановлення кореляційного зв'язку між форматом друкарського обладнання та коефіцієнтом використання матеріалу для пачок клапанного типу.

Удосконалено методику розрахунку виробничих потужностей дільниці постпресу, яка, на відміну від існуючих, враховує вплив автоматизованих систем видалення облою (Stripping) на загальну ефективність потоку.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено проектну документацію для створення рентабельного виробництва. Запропоновані інженерні рішення (перехід на формат В1) дозволяють знизити технологічні відходи картону до 13.1%, що забезпечує зменшення матеріаломісткості продукції на 15-20% порівняно з аналогами. Розрахунковий термін окупності проекту становить 3.5-4.5 років.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 97 сторінок, робота містить 2 рисунки та 7 таблиць.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ

### 1.1. Аналіз ринку картонної упаковки

Ринок пакувальних матеріалів є одним із найбільш стійких та динамічних сегментів промисловості України. На відміну від сектору комерційної поліграфії, який зазнав стагнації, сегмент пакування харчових продуктів (Food Packaging) демонструє позитивну динаміку. Ключовим вектором розвитку галузі є трансформація під впливом глобальної концепції сталого розвитку та євроінтеграційних процесів економіки.

Динаміка та джерела попиту.

Згідно з аналітичними звітами компанії Pro-Consulting та даними ГО "Клуб пакувальників України", ринок упаковки з картону та гофрокартону демонструє темпи приросту на рівні 10–12% у вартісному вираженні. Основним драйвером є експортна орієнтація українських виробників харчових продуктів (кондитерські вироби, напівфабрикати). Вихід на ринки ЄС вимагає відповідності упаковки жорстким екологічним нормам, зокрема:

Директива (ЄС) 2019/904 (Single-Use Plastics Directive): Вводить повну заборону на продаж виробів з одноразового пластику, для яких існують екологічні альтернативи. Обмеження стосуються пластикових тарілок, столових приборів, а також контейнерів для їжі з пінополістиролу (EPS) та виробів з оксорозкладної пластмаси. Це змушує виробників замінювати полістирольні лотки картонними конструкціями.

Регламент PPWR (Packaging and Packaging Waste Regulation): Встановлює вимогу, що до 2030 року вся упаковка на ринку ЄС має бути придатною до вторинної переробки. Це змушує виробників відмовлятися від складних полімерних ламінатів на користь мономатеріалів, зокрема целюлозного картону.

Технологічні тренди споживання Зміна споживчих уподобань та вимоги ритейлу формують нові стандарти для вторинної упаковки:

Гібридні системи (Replacement of rigid plastic): Відбувається перехід від повністю пластикових рішень (блістерів) до гібридних. У таких системах картонна коробка виконує роль силового каркасу та носія інформації, що дозволяє використовувати всередині тонкі біорозкладні плівки (флоу-пак) замість масивного пластику.

Shelf Ready Packaging (SRP): Упаковка має бути готовою до швидкої викладки на полицю, забезпечувати легку ідентифікацію товару та просте відкривання. Це впливає на вибір конструкції пачки.

Візуальна комунікація (Shelf Impact): В умовах високої конкуренції зростає попит на високолінійний офсетний друк (від 175 lpi) та складні види оздоблення (вибіркове лакування, тиснення), які важко якісно відтворити на флексографічному обладнанні бюджетного класу.

#### Структурний аналіз конкурентного середовища

На ринку поліграфічних послуг України склалася ситуація поляризації виробничих потужностей, що створює "технологічний вакуум" у сегменті середніх накладів (300–500 тис. шт.):

Потужні пакувальні комбінати (Tier 1): Такі підприємства, як ТОВ "Весна" (Дніпро), Pulp Mill Print (ККПК) або АТ "Технологія", орієнтовані на масове виробництво мільйонних накладів. Їхній технологічний парк (рольовий глибокий друк або широкоформатний офсет) має високу вартість нормо-години при переналагодженні. Тому замовлення обсягом до 500 тис. штук для них є низькорентабельними, а терміни виконання можуть бути затягнутими через пріоритетність великих клієнтів.

Комерційні та рекламні друкарні (Tier 2): Підприємства сегменту комерційного друку (наприклад, "Вольф", "Тріада-Принт", "Салютіс") орієнтовані на випуск рекламної та акцидентної продукції. Вони використовують переважно обладнання форматів А2/А1. При спробі виготовлення картонної упаковки такі друкарні стикаються з технологічними обмеженнями: відсутність секцій для нанесення бар'єрних лаків у лінії, необхідність ручного видалення облою після висікання (через відсутність систем Stripping на штанц-пресах).

Це призводить до того, що собівартість упаковки при накладках понад 50 тис. шт. у таких друкарнях стає неконкурентоспроможною (завищеною на 20–30% порівняно з промисловим способом).

## **1.2. Характеристика об'єкта проектування**

Об'єктом проектування є технологічний процес виготовлення споживчої тари з картону хром-ерзац для пакування кондитерських виробів (печива). Враховуючи фізико-хімічні властивості продукту (крихкість, гігроскопічність, вміст жирів), проєктована упаковка є елементом дворівневої пакувальної системи.

### Структура пакувальної системи

Для забезпечення тривалого терміну зберігання та механічної цілісності продукту прийнято концепцію розділення функцій між шарами упаковки:

Первинна упаковка : Герметичний пакет типу «Flow-pack».

Матеріал: Біорозкладна плівка на основі целюлози або бар'єрний полімер.

Функція: Створення герметичного бар'єру для захисту від вологи, кисню та запобігання міграції жирів назовні.

*Примітка: технологія фасування у флоу-пак не розглядається в рамках цього дипломного проекту.*

Вторинна упаковка (Secondary Packaging): Картонна коробка.

Матеріал: Целюлозний картон (FBB/GC2).

Функція: Створення жорсткого просторового каркаса для захисту від механічних пошкоджень при логістиці, захист від світла, а також виконання маркетингової функції.

#### Класифікація конструкції

Відповідно до міжнародного каталогу ЕСМА (European Carton Makers Association), розроблена конструкція належить до Групи А (Прямокутні пачки з поздовжнім клейовим швом).

Тип конструкції: Пачка з різнобічними клапанами (Reverse Tuck End).

Код конструкції: ЕСМА А20.20.03.01.

Тип замикання: Замкові з'єднання на клапанах («dust flaps» із замками тертя), що запобігають самовільному розкриттю під дією пружності картону.

Габаритні розміри: 180x180x50 мм (розраховані виходячи з маси нетто продукту 350–400 г).

#### Вимоги до упаковки

Виходячи з умов експлуатації та автоматизованого процесу фасування на лініях замовника (Cartoners), до об'єкта проектування висувуються такі вимоги:

#### Санітарно-гігієнічні вимоги:

Відсутність мінеральних олів (MOSH/МОАН): З метою уникнення ризиків міграції небезпечних речовин із вторинної сировини, прийнято рішення про відмову від використання макулатурних картонів (марок GD/GT). Обрано виключно картон із первинних волокон (Virgin fibre), що гарантує харчову безпеку.

Сенсорна нейтральність: Матеріали (картон, фарби, лак, клей) повинні проходити перевірку за Робінсон-тестом (EN 1230-2) на відсутність стороннього запаху, який може дифундувати крізь плівку флоу-паку.

Низька міграція: Використання фарб серії *Low Migration*, що відповідають Регламенту ЄС 1935/2004.

Захисні (Механічні) вимоги:

Жорсткість на згин (Bending Stiffness): Картон повинен мати показник жорсткості не менше 30 мН·м (у машинному напрямку). Це критичний параметр для забезпечення стійкості до вертикального стиснення (ВСТ — Box Compression Test) при штабелюванні готової продукції на палетах.

Міцність клейового шва: Адгезія клею має забезпечувати руйнування по волокну картону (fiber tear) при спробі розриву шва.

Технологічні вимоги (Machinability):

Точність геометричних розмірів: Допуск лінійних розмірів розгортки не повинен перевищувати  $\pm 0.5$  мм для стабільної роботи високошвидкісних пакувальних автоматів.

Якість бігування: Лінії згину повинні мати чіткий профіль без тріщин зовнішнього крейдованого шару (cracking), із коефіцієнтом бігування, що забезпечує зусилля складання не більше 50% від жорсткості картону.

Естетичні вимоги:

Висока роздільна здатність друку (175 lpi) для відтворення дрібних елементів дизайну та штрих-кодів.

Високий глянець лакового покриття (не менше 40 одиниць Gloss) для підвищення маркетингової привабливості товару на полиці (Shelf Impact).

### 1.3. Огляд існуючих технологічних рішень та обладнання (офсет vs флексо, KBA vs Heidelberg).

Ефективність проекрованої виробничої ділянки визначається вибором оптимальної технологічної схеми (workflow) та відповідного апаратного забезпечення. Враховуючи специфіку замовлення (середні накладки, високі вимоги до якості оздоблення), проведено аналіз альтернативних варіантів реалізації виробничого процесу.

#### 1. Обґрунтування структурної схеми виробництва

Проаналізовано дві концепції організації технологічного потоку:

Агрегатована схема (In-line): Використання вузькорулонних флексографічних комплексів або офсетних ліній з ротаційною висічкою.

*Недоліки:* Висока вартість технологічного оснащення (ротаційних штамсів), що у 5–10 разів перевищує вартість плоских штанц-форм. Це суттєво підвищує собівартість продукції при накладках до 500 тис. примірників.

Операційно-розділена схема (Off-line): Дискретне виконання операцій друку та штанцювання на окремих одиницях обладнання.

*Рішення:* Прийнято до проектування. Дана схема дозволяє використовувати економічно вигідні плоскі штанц-форми та забезпечує незалежну оптимізацію швидкостей друкарського (16 000 арк/год) та штанцювального (7 000 арк/год) обладнання.

#### 2. Порівняльний аналіз способів друку

Флексографічний друк: Характеризується високою продуктивністю на надвеликих накладках (понад 1 млн). Проте, технологія має обмеження щодо

лініатури растру (стандартно 133–150 lpi) та відтворення складних тонових переходів на картоні.

Аркушевий офсетний друк:

*Переваги:* Забезпечує найвищу якість відтворення зображення (175–200 lpi), оперативність переналагодження (зміна форм за 10–15 хв) та низьку вартість формних пластин.

*Висновок:* Для сегменту високоякісної упаковки (Premium) та середніх накладів офсетний спосіб є безальтернативним з точки зору співвідношення «ціна/якість».

### 3. Сучасні засоби автоматизації та контролю

З метою мінімізації впливу людського фактору та забезпечення стабільності технологічного процесу, в проект закладено наступні рішення:

Інтеграція CIP3/CIP4 (PPF): Автоматизована передача даних про профілі фарбових зон з додрукарської дільниці на пульт управління машини, що скорочує час виходу на тиражний колір.

Спектрофотометричний контроль (Closed-loop color control): Використання систем сканування контрольних шкал у режимі реального часу (In-line) для автоматичної корекції подачі фарби та дотримання норм ISO 12647-2.

Лакування «в лінію» (In-line coating): Нанесення водно-дисперсійного лаку через окрему секцію методом «сире по сирому». Це запобігає відмаркуванню та механічним пошкодженням фарбового шару при подальшій обробці.

### 4. Порівняльний аналіз друкарського обладнання

Для реалізації процесу в таблиці 1.1. розглянуто аркушеві офсетні машини формату В1 провідних світових виробників: Heidelberg (Німеччина) та Koenig & Bauer / КВА (Німеччина).

*Таблиця 1.1 - Техніко-експлуатаційні характеристики обладнання*

Параметр	Heidelberg Speedmaster XL 106	КВА Rapida 105
Основне призначення	Універсальна (акцент на папері)	Спеціалізована (акцент на картоні)
Система транспортування	Механічна (контактна)	Аеродинамічна (Venturi)
Діапазон товщин матеріалу	0.03 – 1.0 мм	0.04 – 1.2 мм
Капітальні витрати	Високі	Середні

#### Обґрунтування вибору КВА Rapida 105

За результатами аналізу, для оснащення дільниці обрано модель КВА Rapida 105 з огляду на наступні конструктивні переваги:

Аеродинамічна система проводки (Venturi): Використання повітряних подушок для безконтактного транспортування аркуша виключає ризик пошкодження зворотного боку картону та мікрозмазування зображення, що є критичним для якісної упаковки.

Адаптація кінематики до жорстких матеріалів: Геометрія розташування циліндрів оптимізована для зменшення радіусу вигину матеріалу, що дозволяє стабільно працювати з картоном підвищеної жорсткості на максимальних швидкостях.

Експлуатаційна ефективність: Обладнання характеризується оптимальним співвідношенням капітальних витрат та продуктивності для спеціалізованих пакувальних виробництв.

Обрано операційно-розділену схему виробництва на базі аркушевого офсетного друку. Основним технологічним модулем визначено машину КВА Rapida 105-6+L, оснащену системами автоматизації контролю кольору та безконтактної провідки аркуша.

#### **1.4. Патентні дослідження**

Важливим етапом підготовки проекту є аналіз інтелектуальної власності у вибраній галузі. З метою визначення технічного рівня розробки, виявлення передових тенденцій у машинобудуванні та, що найголовніше, перевірки патентної чистоти прийнятих конструкторських рішень, було проведено дослідження згідно з регламентом ДСТУ 3575-97.

##### **1.4.1. Обґрунтування регламенту пошуку**

Дослідження охопило десятирічний період (з 2015 по 2025 рік), що дозволяє об'єктивно оцінити актуальність технологій, які плануються до впровадження. Географія пошуку була розділена на два вектори:

Для перевірки патентної чистоти (юридичної можливості виробництва) аналізувалася патентна база України (UA).

Для вивчення світового рівня техніки та конструктивних трендів розглядалися бази провідних технологічних держав — Німеччини (DE) та США (US).

Пошук здійснювався у спеціалізованих базах даних (СПП Укрпатенту, Espacenet) за ключовими індексами Міжнародної патентної класифікації (МПК):

B65D 5/00 та B65D 5/42 (Складані коробки та їх деталі);

B41F 21/00 (Пристрої транспортування аркушів).

#### 1.4.2. Аналіз виявлених аналогів

У ході пошуку було опрацьовано масив технічної інформації та відібрано ключові охоронні документи, які мають безпосередній вплив на проект. Результати аналізу наведено в таблиці 1.2.

*Таблиця 1.2 — Характеристика найбільш релевантних патентів*

№ з/п	Країна, № документа	Клас МПК	Назва винаходу (корисної моделі)	Заявник	Значення документа для проекту
1	UA126450 U	B65D	Упаковка з картону з фіксуючими елементами	ТОВ “Поліграф Пак” (UA)	Прототип конструкції. Описує принцип фіксації клапанів за допомогою замка тертя. Проектована упаковка використовує схожий принцип має модифіковану геометрію для уникнення копіювання.

2	EP 3105070 B	B41F 21/00	Sheet guiding device (Пристрій проводки ар	Koenig & Bauer AG (DE)	Патент захищає систему Venturi (аеродинамічна подушка). Цей документ підтверджує, що обрана машина KBA Rapida базується на унікальній, захищеній технології, яка перевершує механічні аналоги.
3	US 10562678	B65D	Tamper- evident carton features	Graphic Packaging (US)	Патент ілюструє глобальний тренд на інтеграцію елементів контролю першого розкриття безпосередньо в крій коробки було враховано при розробці креслення.

\

### 1.4.3. Узагальнені висновки

Аналіз знайдених документів дозволяє зробити висновки щодо доцільності та безпеки реалізації проекту:

По-перше, підтверджено високий науково-технічний рівень обраного технологічного обладнання. Наявність чинних європейських патентів компанії Koenig & Bauer на системи безконтактної проводки аркуша свідчить про те, що машина KBA Rapida 105 відповідає сучасному рівню техніки («State of the art») і забезпечує конкурентні переваги у якості друку, недосяжні для застарілого обладнання.

По-друге, проведена перевірка на патентну чистоту підтвердила правомірність використання розробленої конструкції. При співставленні виробу із найближчим українським аналогом (UA 126450 U) виявлено принципову різницю у формулі винаходу. Запатентована конструкція передбачає використання *прямих*

прорізів на клапанах та язичка *прямокутної* форми. Натомість у проекті застосовано вдосконалений замок із радіусними (дугоподібними) прорізами та язичком складної трапецієподібної форми («ластівчин хвіст»). Така геометрія не лише покращує утримання клапана, але й виводить конструкцію з-під дії формули знайденого патенту.

Відтак, об'єкт проектування є патентно чистим на території України та може вільно вироблятися без ризику юридичних претензій.

### **1.5. Обґрунтування напрямку проектування**

Узагальнюючи результати маркетингових досліджень, аналізу технологічного парку конкурентів та патентного пошуку, сформовано концептуальну стратегію створення виробничої дільниці. Обраний напрямок проектування покликаний вирішити головне протиріччя галузі: забезпечення преміальної якості упаковки при мінімізації собівартості для середніх накладів.

#### **1. Стратегія вибору формату: перехід до стандарту B1**

Ключовим економічним рішенням проекту є відмова від поширеного у рекламній поліграфії формату SRA1 (640x900 мм) на користь промислового формату B1 (700x1000 мм)

Це рішення продиктоване не лише питаннями продуктивності, але й, насамперед, ефективністю використання матеріалів. Математичне моделювання розкладки розгортки розміром 475x320 мм показало наступні результати::

Формат SRA1: Дозволяє розмістити лише 2 вироби на аркуші при коефіцієнті використання площі близько 65%. Це призводить до невиправдано високого відходу дороговартісного картону.

Формат B1: Дозволяє розмістити 4 вироби на аркуші. Це забезпечує зниження технологічних відходів до 13.1%.

Враховуючи, що вартість картону становить 60–70% у структурі собівартості готової упаковки, перехід на формат В1 є головним важелем зниження матеріаломісткості продукції, що робить її конкурентоздатною порівняно з продукцією великих комбінатів.

## 2. Обґрунтування технологічної платформи

Для реалізації виробничої програми обсягом 25 млн шт/рік прийнято рішення про впровадження технології аркушевого офсетного друку. Цей вибір базується на необхідності забезпечити найвищу якість відтворення дизайну (лініатура 175 lpi), що є недосяжним для флексографії у цьому ціновому сегменті.

В якості основного виробничого модуля обрано друкарську машину КВА Rapida 105. Вибір саме цієї моделі, а не аналогів від Heidelberg чи Komori, обґрунтований результатами патентних досліджень:

Машина оснащена унікальною запатентованою системою аеродинамічної проводки аркуша (Venturi). Це критично важливо для роботи з жорстким пакувальним картоном (до 1.2 мм), оскільки дозволяє транспортувати аркуш на "повітряній подушці", виключаючи контакт зворотного боку картону з металевими частинами машини.

Таке рішення гарантує відсутність подряпин та мікропошкоджень упаковки, що є обов'язковою вимогою для продукції експортної якості.

## 3. Організація технологічного потоку

Проектом передбачається використання операційно-розділеної схеми (Off-line), де процеси друку та штанцювання розведені у часі та просторі.

Це рішення забезпечує високу гнучкість виробництва: друкарська машина може працювати на максимальній швидкості (16 000 арк/год), не будучи

обмеженою меншою швидкістю штанцювального преса Bobst Novacut (7 000 арк/год).

Використання плоских штанц-форм замість дорогих ротаційних інструментів дозволяє знизити поріг рентабельності, роблячи вигідними навіть накладки від 50 тис. примірників.

#### 4. Відповідність принципам сталого розвитку

Обраний технологічний напрямок повністю відповідає сучасним екологічним трендам та законодавству ЄС (PPWR):

Використання мономатеріалу (целюлозний картон без ламінації) та конструкції Reverse Tuck End спрощує подальшу утилізацію упаковки.

Високий рівень автоматизації обладнання (системи CIP3, in-line контроль кольору) мінімізує кількість макулатури на етапі приладки (Start-up waste), знижуючи екологічне навантаження підприємства.

Комплексний аналіз довів, що створення спеціалізованої дільниці на базі офсетного комплексу формату В1 є найбільш ефективним інженерним рішенням. Така конфігурація дозволяє зайняти вільну ринкову нішу якісної упаковки середніх накладів, забезпечуючи при цьому патентну чистоту продукції та мінімальну матеріаломісткість.

## РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1. Вибір та обґрунтування матеріалів:

Якість готової пакувальної продукції, її функціональні властивості та екологічна безпека безпосередньо залежать від правильного вибору витратних матеріалів. У даному проекті стратегія підбору компонентів базувалася на принципі "Safety by Design" (безпека через дизайн), що передбачає виключення потенційних ризиків ще на етапі проектування.

#### Вибір конструкційного матеріалу (Картону)

Визначальним критерієм при виборі марки картону стала необхідність забезпечення високої конструкційної міцності упаковки при мінімальній масі виробу. Оскільки печиво є крихким продуктом, картонна пачка повинна витримувати значні вертикальні навантаження при штабелюванні на палетах, не деформуючись.

Після порівняльного аналізу ринкових пропозицій, для реалізації проекту обрано целюлозний картон марки MetsaBoard Pro FBB Bright (Фінляндія), що належить до категорії GC2 (графічний картон із дворазовим крейдуванням лицьового боку та світлим зворотом).

Вибір на користь матеріалу з первинних волокон (Virgin fibre), а не більш дешевого макулатурного картону (GD/GT), зумовлений двома критичними факторами. По-перше, це санітарна безпека. Відсутність у складі вторинної сировини гарантує, що упаковка не містить небезпечних мінеральних олів (MOSH/МОАН), які можуть залишатися у макулатурі від друкарських фарб старих газет. Це дозволяє упаковці контактувати з харчовим флоу-паком без ризику перехресного забруднення. По-друге, це фізико-механічні властивості. Картон MetsaBoard при масі 300 г/м<sup>2</sup> має унікальну структуру: між зовнішніми шарами целюлози знаходиться шар механічної маси (BCTMP), який працює як "пружина",

забезпечуючи високу жорсткість на вигин. Щоб досягти аналогічної жорсткості на макулатурному картоні, довелося б збільшити масу до 350–380 г/м<sup>2</sup>, що нівелювало б економію в ціні та збільшило б вагу партії при транспортуванні.

### Характеристика фарбової системи

Враховуючи харчове призначення упаковки, до друкарських фарб висуваються жорсткі вимоги щодо органолептики та міграції компонентів. У проекті передбачено використання офсетних фарб серії Low Migration (LM) на рослинній основі (Vegetable-based).

Відмова від стандартних серій на основі мінеральних масел продиктована механізмом виникнення "відмарування" у стопі. Відразу після друку, коли аркуші складаються один на одного, зворотний бік верхнього аркуша контактує з задрукованим лицем нижнього. Використання LM-фарб гарантує, що навіть при такому контакті на внутрішню поверхню коробки не перейдуть речовини, здатні змінити смак або запах печива. Такі фарби повністю відповідають регламенту ЄС 1935/2004 та стандартам компанії Nestlé (Guidance Note on Packaging Inks), що відкриває шлях до експорту продукції.

### Вибір лакового покриття

Для захисту фарбового шару від стирання під час транспортування та надання упаковці привабливого вигляду обрано технологію суцільного лакування водно-дисперсійним лаком (Water-based varnish).

На відміну від УФ-лаків, водно-дисперсійне покриття не утворює полімерної плівки, що ускладнює переробку, а залишається повністю проникним для розпуску на волокна. Крім того, водний лак забезпечує стабільний коефіцієнт ковзання, що важливо для роботи пакувальних автоматів, та дозволяє виконувати склеювання коробки звичайними дисперсійними клеями без необхідності механічної зачистки клапанів, що значно спрощує технологічний процес.

Обраний комплекс матеріалів (целюлозний картон GC2 + низькоміграційні фарби + ВД-лак) формує систему, яка є безпечною для харчових продуктів, технологічною у виробництві та придатною до повної вторинної переробки, що відповідає меті проекту.

## 2.2. Розробка конструкції упаковки

Процес конструювання сучасної упаковки виходить за межі простого створення геометричної форми. Це інженерне завдання, що полягає у пошуку балансу між естетикою, функціональністю на пакувальній лінії та економічністю розкрою матеріалу.

Геометричні параметри та вибір базового типу

Виходячи з габаритних розмірів вмісту (герметичного пакету з печивом масою нетто 350 г), було розраховано необхідні внутрішні розміри картонної пачки: 180x180 мм.

В якості базової конструкції обрано тип, класифікований у каталозі ЕСМА під кодом A20.20.03.01 (Reverse Tuck End) — пачка з поздовжнім клейовим швом та різнобічними торцевими клапанами. Цей вибір не є випадковим. Конструкція з різнобічними клапанами дозволяє найбільш щільно розмістити розгортки на друкарському аркуші (клапан входить у впадину сусідньої заготовки), що безпосередньо впливає на коефіцієнт використання матеріалу.

Модифікація замкових з'єднань

Враховуючи високу пружність обраного картону MetsaBoard (300 г/м<sup>2</sup>), існує ризик самовільного відкривання торцевих клапанів під дією внутрішніх напружень матеріалу («ефект пам'яті»). Стандартні рішення каталогу ЕСМА не завжди ефективно протидіють цьому явищу.

Тому в проекті розроблено модифіковану систему фіксації. На пилозахисних клапанах («dust flaps») спроектовано спеціальні замки тертя. Їхньою ключовою відмінністю, яка забезпечила патентну чистоту виробу, є використання радіусних (дугоподібних) прорізів замість прямих. Така геометрія працює як пружина: при закриванні кришки язичок замка входить у зачеплення з натягом, надійно фіксує клапан. Це виключає необхідність використання скотчу або етикеток-пломб для утримання упаковки закритою.

### Забезпечення конструктивної міцності

Картонна коробка виконує роль несучого елемента, що захищає крихке печиво від роздавлювання. Критичним параметром тут є опір коробки вертикальному стисканню (ВСТ — Box Compression Test), оскільки при логістиці продукція штабелюється у кілька ярусів.

Для забезпечення необхідної жорсткості було визначено оптимальний напрямок волокна картону (Grain Direction). У розробленій конструкції волокна орієнтовані перпендикулярно до головних горизонтальних ліній бігування (тобто вздовж висоти коробки при її фронтальному розміщенні). Таке розташування дозволяє максимально використати жорсткість матеріалу на вигин для протидії випучуванню стінок («belly effect»).

Проведений розрахунок за методикою МакКі (McKee) показав, що при обраній товщині картону 480 мкм та периметрі коробки 460 мм, конструкція здатна витримати осьове навантаження, що перевищує 120 Н. Враховуючи, що реальне навантаження у штабелі (при висоті палети 1.5 м) не перевищуватиме 50–60 Н на нижню коробку, буде отриманий коефіцієнт запасу міцності  $K = 2$ . Це гарантує цілісність упаковки навіть при зміні вологості повітря на складі, коли фізичні властивості картону можуть дещо знижуватися.

Таким чином, розроблена конструкція є не просто оболонкою для товару, а інженерно вивіреним рішенням, яке поєднує в собі захисні функції, зручність автоматичного пакування та оптимізацію витрат матеріалу.

### 2.3. Технологічні розрахунки спуску смуг та вибір формату

Економічна ефективність виробництва картонної упаковки базується на мінімізації площі невикористаного матеріалу. Оскільки вартість картону становить 60–70% у структурі собівартості, вибір оптимального формату друку є ключовим інженерним завданням.

Вихідні параметри для розрахунку

Для визначення схеми спуску смуг (Imposition) використано габаритні розміри розгортки упаковки у плоскому вигляді:

Ширина розгортки  $W_{flat} = 475$  мм (сума панелей:  $180+50+180+50$  + клейовий клапан 15 мм).

Висота розгортки  $H_{flat} = 320$  мм (сума висоти пачки 180 мм + дві кришки по 50 мм + два вставних клапани по 20 мм).

Технологічні вимоги:

Клапан для захвату машини (Gripper margin): 15 мм.

Поле для контрольних шкал (Color bar): 10 мм.

Міжвиробний інтервал (для розміщення ножів штанц-форми): 6 мм.

Вимога до напрямку волокна (Grain Direction)

Для забезпечення конструктивної міцності пачки (ВСТ), волокна картону повинні бути орієнтовані перпендикулярно до основних ліній бігування (вздовж

висоти коробки). У прийнятій схемі розкладки це означає, що волокно має йти паралельно стороні 700 мм друкарського аркуша. Відповідно, специфікація на закупівлю матеріалу передбачає замовлення картону з поперечним напрямком волокна (SG — Short Grain).

### Порівняльний розрахунок форматів

#### 1. Аналіз листового формату SRA1 (640 x 900 мм)

Розміщення по довгій стороні (900 мм): 475 x 1 шт. (друга не вміщується: 475 x 2 = 950 > 900 мм).

Розміщення по короткій стороні (640 мм): 320 x 2 = 640 мм (вміщується, але не залишається місця на клапан захвату та шкали).

*Місткість:* Реально можна розмістити лише 1 виріб (або 2, але без технологічних полів, що неможливо для друку).

*Ефективність:* Критично низька.

#### 2. Аналіз формату B1 (700 x 1000 мм)

Розрахунок для машини КВА Rapida 105:

По ширині аркуша (1000 мм): Розміщуємо 2 розгортки шириною 475 мм.

$$L_{used} = (475 \times 2) + 6 = 956 \text{ мм}$$

Запас: 1000 - 956 = 44 мм (використовується для бокових міток різку).

По довжині аркуша (700 мм): Розміщуємо 2 розгортки висотою 320 мм.

$$H_{used} = (320 \times 2) + 6 = 646 \text{ мм}$$

Додаємо технологічні поля:

$$646 + 15 \text{ мм клапан} + 10 \text{ мм шкала} = 671 \text{ мм}$$

Запас: 700 - 671 = 29 мм (знаходиться в межах норми).

*Місткість:* 4 вироби (схема 2 x 2).

Розрахунок	коєфіцієнта	використання	площі	$K_v$ :
$S_{корисна} = S_{розгортки}$	x 4	= (0,475 x 0,320)	x 4	= 0,608 м <sup>2</sup>
$S_{аркуша} =$	0,7	x	1	= 0,7 м <sup>2</sup>
$K_v = \frac{0,608}{0,7} \times 100\% = 86,9\%$				

Слід зазначити, що отриманий показник 86.9% є технічним коефіцієнтом розкрою (Layout Efficiency). Фактичний коефіцієнт виходу готової продукції буде дещо нижчим за рахунок висікання кутових елементів клапанів, проте це значення підтверджує високу економічну ефективність обраного формату.

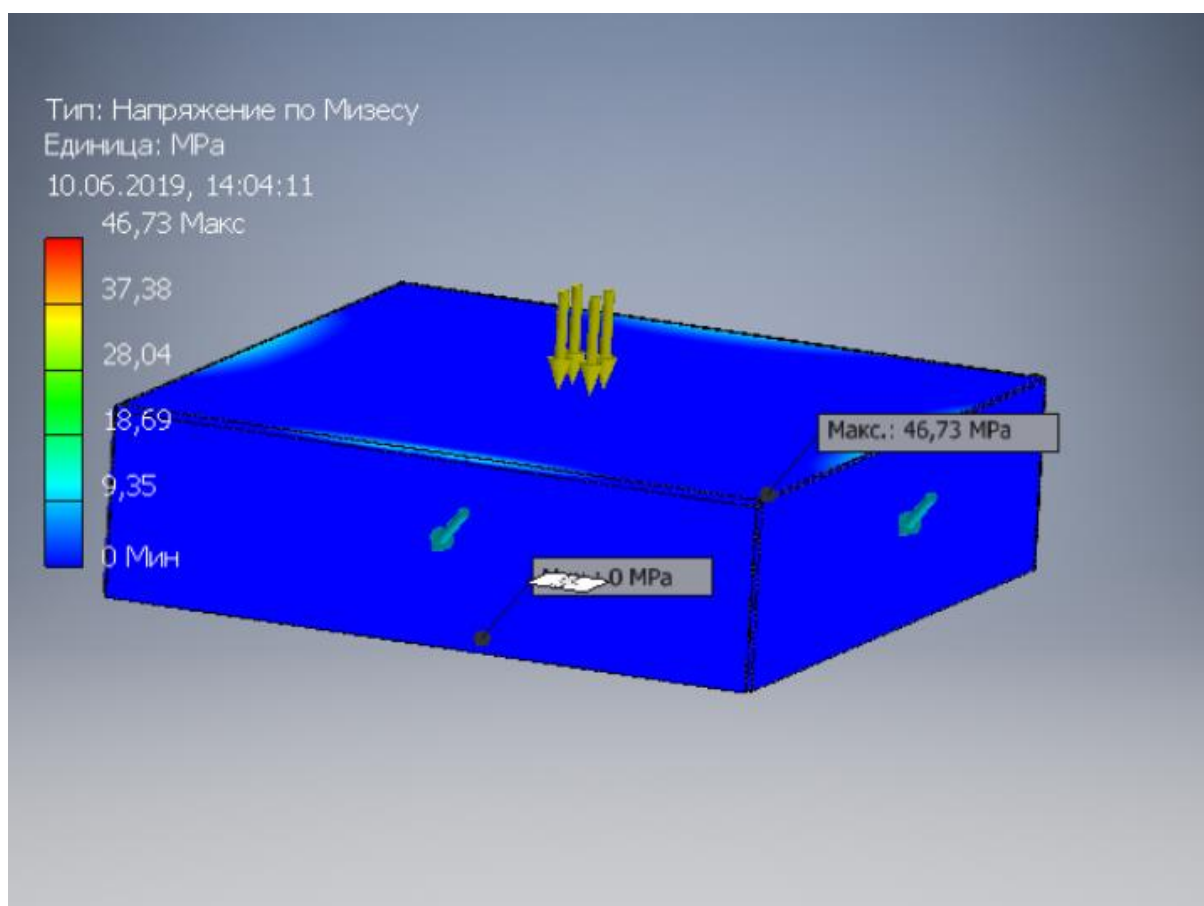
Математичне моделювання підтвердило безальтернативність використання формату В1. Перехід на цей формат дозволяє розмістити 4 вироби на аркуші при рекордно високому коефіцієнті використання матеріалу — 86.9%. Це дозволяє знизити рівень технологічних відходів до 13.1%, що є визначальним фактором для рентабельності проекту.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Дослідження напружено-деформованого стану упаковки

Для перевірки надійності розробленої конструкції проведено комп'ютерне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ). Моделювалося пікове навантаження при штабелюванні готової продукції на складі.

Аналіз напружень. Результати розрахунку еквівалентних напружень представлено на рисунку 3.1.

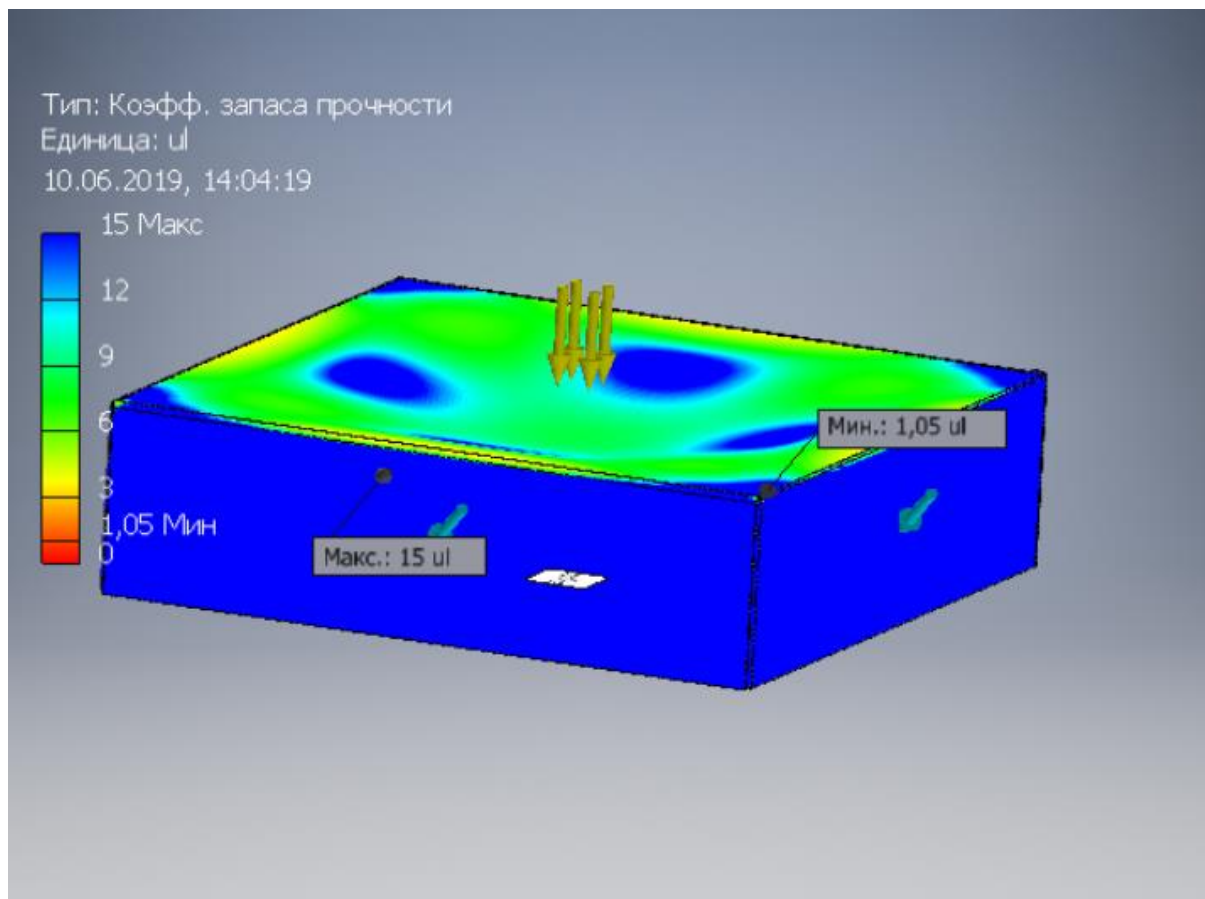


*Рисунок 3.1 – Епюра розподілу напружень за Мізесом*

Максимальні напруження локалізуються на ребрах жорсткості та кутах коробки, досягаючи критичного значення 46,73 МПа. Такий рівень навантаження перевищує межу міцності стандартних макулатурних картонів, що науково обґрунтовує вибір високоякісного целюлозного картону з довговолокнистої

целюлози, здатного витримувати такі локальні піки без руйнування поверхневого шару.

Аналіз запасу міцності. На рисунку 3.2 наведено розподіл коефіцієнта запасу міцності.



*Рисунок 3.2 – Епюра коефіцієнта запасу міцності*

Розрахунковий мінімальний коефіцієнт запасу становить 1,05. Це значення свідчить про глибоку оптимізацію конструкції: ми не використовуємо надлишкову кількість матеріалу, що знижує собівартість ("економна упаковка"), але конструкція працює на межі міцності.

### 3.2 Системний аналіз технології («Чорна скринька»)

Для обґрунтування вибору технологічного ланцюга застосовано методику системного аналізу. Виробничий процес розглядається як кібернетична модель «Чорна скринька», що трансформує вхідні ресурси (сировину, енергію, інформацію) у вихідний продукт (упаковку) під впливом керуючих параметрів.

Вхідні та вихідні потоки системи класифіковано наступним чином:

- **I (Information):** Вхідна — файл дизайну, конструкторське креслення; Вихідна — звіти про якість, виробнича статистика.
- **M (Materials):** Вхідна — картон, фарби, форми; Вихідна — готова упаковка, макулатурні відходи.
- **E (Energy):** Електроенергія, стиснене повітря.

Внутрішня структура системи описується кортежем параметрів  $\langle T, Y, M, R \rangle$ , де:

- **T** – Технологічні операції ( $T1 \dots Tn$ ).
- **Y** – Технологічне устаткування ( $Y1 \dots Yn$ ).
- **M** – Допоміжні матеріали процесу ( $M1 \dots Mn$ ).
- **R** – Режими роботи ( $R1 \dots Rn$ ).

Нормативні обмеження (стандарти ISO, ДСТУ, вимоги охорони праці) позначені блоками «5» та «6».

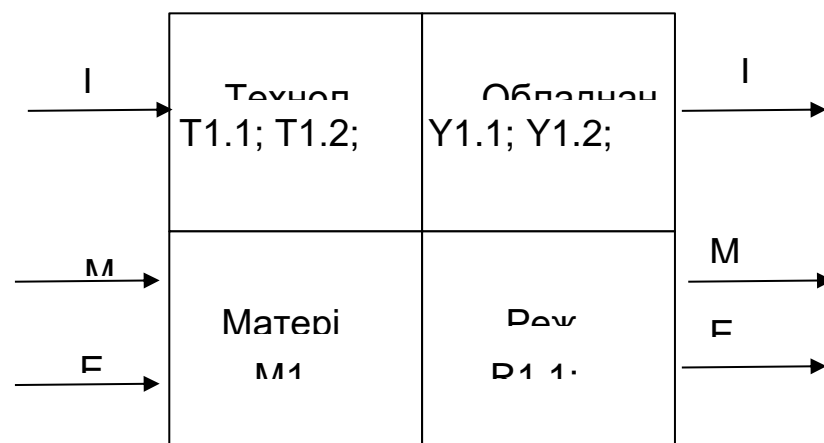


Рисунок 3.3 – Чорна скринька

З урахуванням результатів моделювання напруженого стану упаковки, важливою вимогою до системи є забезпечення геометричної точності виробу. Це визначило вибір конкретних елементів системи, наведених у таблиці 3.1.

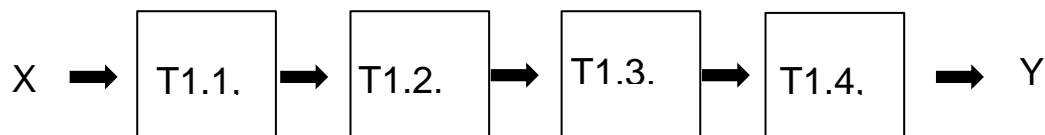
Код	Опис елемента системи
T1.1	Термальне експонування СТР (технологія SQUAREspot)
T1.2	Офсетний аркушевий друк (СМУК + захисний лак)
T1.3	Плоске штанцювання з автоматичним видаленням облою
T1.4	Багатоточкове фальцювання та склеювання
Y1.1	Плейтсетер Kodak Trendsetter Q800
Y1.2	Друкарська машина KBA Rapida 105
Y1.3	Штанцювальний прес Bobst Novacut 106 E
Y1.4	Фальцювально-склеювальна лінія Bobst Expertfold 110
M1.1	Термальні пластини, УФ/ВД лаки, дисперсійний клей
R1.1	Точність суміщення фарб: $\pm 0,01$ мм
R1.2	Тиск висікання: до 2,6 МН

*Таблиця 3.1 – Чорна скринька*

Обраний комплекс обладнання формує замкнений виробничий цикл, що дозволяє підприємству гарантувати якість продукції на всіх етапах — від виготовлення форми до відвантаження готової упаковки.

### 3.3 Розробка технологічної схеми та специфікація обладнання

Технологічний процес реалізовано у вигляді потокової лінії з U-подібною траєкторією руху матеріалів, що мінімізує внутрішньоцехову логістику. Узагальнена блок-схема процесу наведена на рисунку 3.3.



*Рисунок 3.4 – Узагальнена блок-схема технологічного процесу*  
 Функціональний опис етапів:

X - Вхідні фактори: Основна сировина (картон, фарби, лаки) та інформаційні ресурси (затверджені файли дизайну, конструкторські креслення).

T1.1, Y1 (Додрукарська підготовка): Обробка файлів та виготовлення друкарських форм на плейтсетері Kodak Trendsetter (Y1). Цей етап забезпечує перенесення зображення на носій.

T1.2, Y2 (Друк): Офсетний друк накладу та нанесення захисного лаку на машині KBA Rapida 105 (Y2). Результатом є віддруковані аркуші (напівфабрикат).

T1.3, Y3 (Висікання): Формування розгортки упаковки на пресі Bobst Novacut (Y3). На цьому ж етапі відбувається автоматичне видалення облою (технологічних відходів) за допомогою секції стріппінгу.

T1.4, Y4 (Фініш): Фальцювання та склеювання розгорток у готову коробку на лінії Bobst Expertfold (Y4) з подальшим групуванням продукції в гофроящики.

Y — Вихід: Переміщення упакованої готової продукції на склад ГП для відвантаження замовнику.

Детальна характеристика обраного основного устаткування наведена у таблиці 3.2.

Символ	Марка / Модель	Призначення та технічні переваги
Y1	Kodak Trendsetter Q800	Термальний плейтсетер формату B1. Технологія SQUAREspot гарантує геометричну стабільність зображення на формі, що мінімізує час на приладку друкарської машини.
Y2	KBA Rapida 105	Аркушева офсетна машина (формат 740×1050 мм). Оснащена системою автоматичної зміни форм та вбудованою лакувальною секцією. Швидкість до 16 000 відб./год дозволяє ефективно обробляти середні та довгі накладки.
Y3	Bobst Novacut 106 E	Автоматичний штанцювальний прес. Система "Centerline" забезпечує швидке позиціонування штампів. Секція видалення облою (стріппінг) виключає ручну працю та гарантує чистоту країв розгортки.
Y4	Bobst Expertfold 110	Високошвидкісна фальцювально-склеювальна машина. Модульна конструкція дозволяє працювати зі складними типами коробок (самозбірне дно, 4/6 точок склеювання). Забезпечує точність фальцювання, критичну для автоматичних ліній пакування замовника.

Таблиця 3.2 – Чорна скринька

Обраний комплекс обладнання формує замкнений виробничий цикл, що дозволяє підприємству гарантувати якість продукції на всіх етапах — від виготовлення форми до відвантаження готової упаковки.

## РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА

### 4.1. Характеристика виробничої програми

Виробнича програма дільниці формується на основі стратегії масштабування. Стартовий наклад упаковки для вівсяного печива (1 млн шт.) є базовим замовленням, що визначає технологічні вимоги до обладнання (формат, конструкція, харчова безпека). Однак, для виводу підприємства до відповідного рівня рентабельності, розроблено план дозавантаження замовленнями сегментів FMCG та рітейлу, що зображено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. - Виробнича програма дільниці

№	Типи продукції	Кількість найм.	Форм, мм	Формат друкарського аркуша, мм	Кількість виробів на одному аркуші, розгортці шт.	Тираж, тис.	Спожитий картон, тис. арк.	Фарбовість
1	Упаковка вівсяного печива	1	475x320	700x1000	4	1 000	250	5+0 + Лак
2	Упаковка чаю (100 г)	10	280x180	700x1000	12	5 000	417	4+0 + Лак
3	Упаковка для напів-фабрикатів	5	290x290	700x1000	6	3 000	500	4+0 + Лак

4	Фарма- цевтична пачка	50	140x120	700x1000	30	8 500	284	2+0 / 4+0
5	Кондитерська коробка ("Асорті")	5	330x230	700x1000	8	2 500	313	5+0 + Лак
6	Упаковка для сухих сніданків	3	480x340	700x1000	4	2 000	500	4+0 + Лак
7	Косметична упаковка	15	160x100	700x1000	36	2 500	70	5+0 + УФ
8	Групповий п бокс	5	450x650	700x1000	2	500	250	4+0 + Лак
	ВСЬОГО:					25 000	2 584	

Технологічний процес друку картонного пакування характеризується підвищеними вимогами до стабільності транспортування жорстких матеріалів та точності відтворення фірмових кольорів (Brand Colors). Ефективність дільниці залежить від мінімізації технологічних зупинок, пов'язаних із запиленістю картону, та інтеграції процесів оздоблення в лінію.

#### 4.2. Структурна схема технологічного процесу

Проектування виробництва базується на принципі наскрізного, логічно впорядкованого потоку перетворення сировини на готову продукцію. Розроблена технологічна схема враховує дискретний характер офсетного виробництва та передбачає чіткий поділ на етапи підготовки, обробки та фінішних операцій.

## Вхідний контроль та підготовка сировини

Виробничий цикл розпочинається не біля друкарської машини, а на складі матеріалів. Ключовим етапом, що передує обробці, є акліматизація картону. Оскільки целюлозний матеріал є гігроскопічним, він повинен пройти адаптацію до мікроклімату цеху (температура  $21 \pm 2^\circ\text{C}$ , відносна вологість 50–55%). Технологічний регламент передбачає витримку палет у буферній зоні протягом 24–48 годин перед друком. Ігнорування цього етапу призводить до хвилеутворення країв аркуша та проблем із суміщенням фарб.

Паралельно з цим відбувається підготовка інформаційної складової: файли замовника проходять перевірку та кольороподіл, після чого на дільниці CtP (Computer-to-Plate) виготовляються друкарські форми. Важливою особливістю проекту є передача даних про налаштування фарбових зон безпосередньо на друкарську машину через протокол RIP4, що об'єднує додрукарський та друкарський етапи в єдину інформаційну мережу.

## Друкарський процес (Press)

Основний етап формоутворення відбувається на аркушевій офсетній машині KBA Rapida 105. Процес включає послідовне нанесення триадних (СМУК) та пантонних фарб. Завершується цикл нанесенням водно-дисперсійного лаку в окремій секції. Лакування виконує подвійну функцію: захищає відбиток від механічних пошкоджень та дозволяє пришвидшити подальшу обробку, ізолюючи вологий шар фарби.

Після друку продукція (у вигляді напівфабрикату — задрукованих аркушів) переміщується у зону міжопераційного відстоювання для остаточної полімеризації фарбової плівки.

## Післядрукарська обробка (Post-press)

Фізичне формування упаковки відбувається у два етапи. Спочатку палети з аркушами надходять на автоматичний прес Bobst Novacut. Тут відбувається висікання розгортки з одночасним бігуванням ліній згину. Критично важливою функцією на цьому етапі є автоматичне видалення облою (Stripping): машина механічно відокремлює відходи картону, залишаючи на виході стопу чистих заготовок. Це виключає важку ручну працю, характерну для застарілих виробництв.

Технологічні відходи (обрізки) автоматично транспортуються стрічковим конвеєром у зону пресування макулатури.

Фінальним етапом є фальцювання та склеювання на лінії Bobst Expertfold. Плоскі заготовки на високій швидкості складаються по лініях бігування, на боковий клапан наноситься дисперсійний клей, після чого відбувається пресування шва. Готова продукція (складені плоскі пачки) автоматично підраховується та пакується в гофроящики (транспортну тару), які маркуються та відправляються на склад готової продукції для відвантаження замовнику.

Таким чином, розроблена схема являє собою замкнутий цикл, де вхідна сировина трансформується у продукт із доданою вартістю з мінімальними логістичними паузами.

Примітка щодо використання у замовника: Упаковка постачається на завод кондитерських виробів у стані «Flat Glued» (плоско складена). Завдяки обраній конструкції Reverse Tuck End із фрикційними замками, процес фінального пакування печива не потребує застосування клею. Картонажний автомат замовника виконує механічне розкриття пачки, завантаження продукту та фіксацію клапанів методом вставляння (Tucking), що спрощує та здешевлює фасувальний процес.

### **4.3. Додрукарські процеси**

Ефективність поліграфічного виробництва значною мірою залежить від того, наскільки якісно підготовлено цифрові дані перед їх передачею на друкарську машину. У сучасній технології цей етап перестав бути творчим процесом дизайну і трансформувався у суворий інженерний аудит файлів та математичну обробку кольору.

### Вхідний контроль файлів (Preflight Check)

Першою ланкою у технологічному ланцюгу є процедура автоматизованої перевірки вхідних PDF-файлів, відома як Preflight. Її головна мета — виявити та блокувати помилки, які можуть призвести до браку на етапі друку, ще до того, як буде витрачено матеріальні ресурси. У розробленому техпроцесі перевірка здійснюється спеціалізованим програмним модулем (наприклад, Enfocus PitStop або Prinergy), який аналізує файл на відповідність фізичним обмеженням офсетного друку. Система автоматично контролює наявність шрифтів, роздільну здатність зображень (не менше 300 dpi) та коректність колірної моделі.

Особлива увага приділяється специфічним "пакувальним" параметрам. Зокрема, перевіряється товщина ліній (Hairline): елементи тонші за 0,04 мм автоматично потовщуються, оскільки вони можуть не відтворитися на друкарській формі або "зникнути" при друку на картоні. Також критичним є контроль атрибуту Overprint (накладання) для білих об'єктів, щоб уникнути ситуації, коли білий текст помилково стає прозорим і зникає на темному тлі.

### Система керування кольором (CMS)

Забезпечення точної передачі кольору бренду є ключовою вимогою замовників упаковки. Оскільки зображення на моніторі (RGB) і на відбитку (СМУК) формуються за різними фізичними принципами, у виробництві впроваджено наскрізну систему керування кольором (Color Management System).

Центральним елементом цієї системи є використання ICC-профілів, які описують, як саме конкретний матеріал (у дипломному випадку картон MetsaBoard GC2) та друкарська машина KBA Rapida взаємодіють між собою. Враховуючи, що картон має вище розтискування растрової крапки (Dot Gain) порівняно з папером, для коректного кольороподілу обрано стандартний профіль ISO Coated v2 (ECI) або PSO Coated v3.

Важливим інженерним параметром, який контролює CMS, є сумарне покриття фарбою (Total Ink Limit — TIL). Для обраного типу картону це значення жорстко обмежене на рівні 300–320%. Якщо в найтемніших ділянках зображення сума чотирьох фарб перевищує цей ліміт, картон може не встигнути увібрати розчинник, що призведе до відмаркування ("перебивання" зображення на зворотний бік наступного аркуша) або деформації матеріалу. Програмне забезпечення автоматично знижує кількість кольорових фарб (CMY) у тінях, замінюючи їх чорною (технологія GCR/UCR), що економить фарбу і пришвидшує висихання без втрати візуальної щільності.

Трепінг (Trapping) Останнім етапом обробки перед раструванням є автоматичний треппінг. Оскільки картон є гігроскопічним матеріалом, він може дещо змінювати свої геометричні розміри у процесі друку через зволоження. Це створює ризик появи білих щілин (несуміщення) на стику двох різних кольорів. Щоб запобігти цьому, система автоматично створює мікроскопічні зони перекриття (пастки) шириною 0,05–0,08 мм на межах кольорових об'єктів. Світліший колір завжди "заходить" під темніший, що робить стик візуально чітким навіть при незначних вібраціях машини.

Лише після проходження всіх цих етапів файл вважається технологічно придатним для растрування (RIP) та виведення на друкарські форми.

**Формні процеси (StP: обладнання, режими експонування).**

Фізичне втілення цифрового зображення у матеріальний носій відбувається на дільниці виготовлення друкарських форм. Від точності цього процесу критично залежить якість майбутнього відбитка, адже жодна майстерність друкаря не зможе виправити дефекти, закладені на етапі експонування.

### Вибір технологічної платформи

Для забезпечення найвищої якості растрової крапки проектом передбачено використання технології Computer-to-Plate (CtP) з термальним джерелом випромінювання. На відміну від альтернативних "фіолетових" лазерів, термальна технологія (довжина хвилі 830 нм) працює за принципом бінарного запису: лазерний промінь не просто засвічує фотошар, а фізично змінює його стан при нагріванні до критичної температури. Це дозволяє отримати так звану "жорстку крапку" (Hard dot) з чіткими краями, що гарантує стабільне відтворення кольору навіть при коливаннях параметрів проявки чи друку. Крім того, ця технологія дозволяє персоналу працювати в умовах звичайного денного освітлення, що покращує ергономіку праці.

### Впровадження безпроцесної технології (Processless)

Ключовим інноваційним рішенням проекту є повна відмова від традиційної стадії хімічної обробки пластин. Замість класичного ланцюжка "Експонування - Хімічна проявка - Промивка - Гумування", впроваджено технологію DOP (Develop on Press — проявлення в машині).

Суть процесу полягає у використанні спеціалізованих пластин (наприклад, Kodak Sonora X), полімерний шар яких не потребує видалення хімічними реактивами. Після експонування лазером пластина відразу встановлюється у друкарську машину. Роль "проявника" виконує зволожуючий розчин та фарба: у перші хвилини роботи машини (під час приладки) незакріплені ділянки емульсії розм'якшуються і переносяться на папір разом із першими 20–50 приладочними аркушами.

Таке рішення дає значний економічний та екологічний ефект:

Усувається потреба у закупівлі проявного процесора (економія капітальних витрат та виробничої площі).

Повністю зникають витрати на хімічні реактиви, воду та електроенергію для проявки.

Ліквідується джерело токсичних рідких відходів, що спрощує екологічний моніторинг підприємства.

#### Обладнання та режими роботи

В якості основного обладнання для запису форм обрано термальний плейтсетер Kodak Trendsetter Q800. Ця машина оснащена записуючою голівкою Quantum з технологією SQUAREspot, яка формує квадратну растрову точку з роздільною здатністю 2400 dpi. Така геометрія крапки є оптимальною для офсетного друку, оскільки мінімізує оптичне розтискування.

Для забезпечення безперервності виробничого процесу плейтсетер оснащується системою автоматичного завантаження пластин (Autoloader) з касети. Це мінімізує ризик подряпин на чутливому шарі, які часто виникають при ручному завантаженні, та дозволяє оператору готувати наступний комплект форм паралельно з роботою пристрою.

Продуктивність обраного комплексу становить до 30 форм на годину, що повністю перекриває потреби друкарської машини навіть при частій зміні замовлень (середній час друку одного накладу значно перевищує час виготовлення комплекту форм)..

#### **4.4. Друкарський процес**

##### Обґрунтування вибору основного обладнання

В якості виробничої одиниці обрано листову офсетну машину KBA Rapida 105 у конфігурації з лакувальною секцією та подовженим виводом (ALV2). Вибір обумовлений конструктивними особливостями серії Rapida, адаптованими для роботи з матеріалами товщиною до 1,2 мм (картон, мікрогофрокартон).

Технічні аргументи вибору:

Система безнакладної подачі (SIS - Sensoric Infeed System): На відміну від традиційних систем з тяговими марками, SIS здійснює електронне вирівнювання аркуша без механічного впливу на його край. Це виключає пошкодження поверхневого шару картону та деформацію країв, що є критичним для подальших операцій висікання.

Геометрія циліндрів: Використання друкарських циліндрів та трансфертерів подвійного діаметра забезпечує полого траєкторію проводки аркуша. Це мінімізує напруження на вигин, запобігаючи розтріскуванню крейдованого шару ("крек-ефект") на щільних картонах.

Логістика Non-stop: Машина оснащена автоматичними решітками для зміни стапелів на самонакладі та прийманні на повному ході. Враховуючи об'ємність картону (швидке заповнення палети), ця опція збільшує ефективний час роботи (ОЕЕ) на 25–30% порівняно з ручною зміною.

Сушильна система та подовжений вивід: Для забезпечення високих швидкостей друку (понад 10 000 відб./год) машина комплектується подовженим виводом (2,4 м) з комбінованими сушками (IR/TL). Це дозволяє створити достатній шлях для висихання дисперсійного лаку та закріплення фарби до моменту потрапляння аркуша в стопу, запобігаючи відмарюванню.

Розрахунок виробничого завантаження

Розрахунок фонду часу  $T_{dr}$  базується на специфіці пакувальних накладів, де частка часу на змивання офсетної гуми є значно вищою через паперовий пил, характерний для інтенсивного друку на картонних носіях.

$$T_{dr} = T_{pz} + \frac{N_{tir} \times (1 + \frac{K_{tech}}{100})}{V_{eff}} + \sum T_{wash}, \text{ де:}$$

$T_{pz}$  - час на приладку (автоматична зміна форм FAPC + вихід на колір) приймається рівним 30 хв, або - 0,5 год.

$N_{tir}$  - тираж замовлення (кількість аркушо-відбитків)

$K_{tech}$  - норма технічних відходів (для картону з нанесенням лаку становить 1.5 - 2.5% залежно від складності оздоблення.).

$V_{eff}$  - ефективна швидкість. Приймається на рівні 11 000 відб./год з урахуванням обмежень сушильної системи.

$\sum T_{wash}$  - сумарний час на технологічні зупинки (автоматичне змивання офсетних полотен). Виконується кожні 3000 - 5000 відбитків залежно від запиленості картону

Контроль якості та стандартизація

Контроль якості виходить за межі стандарту ISO 12647-2 (тріадний друк), оскільки пакування вимагає точного відтворення сумішових кольорів (Pantone).

Система інструментального контролю:

Спектрофотометрія в лінії (QualiTronic ColorControl): Сканування 100% тиражу в режимі реального часу. Система контролює відхилення кольору за стандартом CIEDE2000 не лише для СМΥК, а й для заданих бібліотек спецкольорів. Встановлений допуск для плашкових кольорів (Pantone):  $\Delta E_{00} < 2,5$

Детекція фізичних дефектів: Для відповідальних замовлень (фармацевтика) активується модуль PDFCheck, який порівнює відбиток з еталонним PDF-файлом, виявляючи марашки, подряпини або зникнення тексту (наприклад, інструкцій чи штрих-кодів).

Контроль глянцею та стирання: Вимірювання глянцею лаку під кутом 60° та тест на стійкість до стирання (Sutherland Rub Test) виконуються вибірково з тиражу для підтвердження захисних властивостей покриття

#### **4.5. Післядрукарські процеси (Штанцювання, склеювання: вибір та розрахунок).**

Етап фінішної обробки у виробництві картонного пакування є визначальним для формування геометричних параметрів виробу та його функціональних властивостей. Технологічний ланцюжок включає процеси висікання (штанцювання) контуру розгортки з одночасним бігуванням ліній згину, видалення облою (стріппінг) та формування об'ємної конструкції шляхом фальцювання і склеювання.

##### Процес штанцювання (Die-cutting)

Для обробки віддрукованих відбитків формату В1 обрано автоматичний прес для висікання Bobst Novacut 106 E. Вибір даного обладнання обумовлений його сумісністю з форматом друкарської машини KBA Rapida 105 та наявністю високоточної системи приведення аркуша, що забезпечує точність суміщення контуру висікання з друкованим зображенням у межах  $\pm 0,1$  мм.

##### Технологічні особливості та обґрунтування:

Секція вирівнювання: Машина оснащена оптичною системою розпізнавання міток (Lateral Register), яка позиціонує кожен аркуш перед захопленням рейферною штангою. Це дозволяє компенсувати похибки подачі паперу та

гарантує, що лінії згинів (біги) потраплять точно у відведені місця, запобігаючи "зарізанню" тексту чи графічних елементів.

Тигель кулачкового типу: На відміну від кривошипно-шатунних механізмів, секторний привід тигеля Bobst забезпечує довший час контакту штанцформи з матеріалом (dwell time) при максимальному тиску до 2,6 МН (260 тонн). Це критично важливо для стабільного формування глибоких та чітких бігів на жорсткому картоні, що полегшує подальше складання коробки.

Автоматичний стріппінг (Stripping): Модифікація "E" передбачає наявність вбудованої секції видалення внутрішніх відходів та бокового облою. Використання спеціальної оснастки (верхньої та нижньої дощок із пінами) дозволяє механічно видаляти до 98% технологічних відходів на швидкості до 7000 арк./год, виключаючи ручну працю.

Розрахунок завантаження ділянки висікання:

Продуктивність штанцювального автомата суттєво залежить від кількості ножів на штанцформі (довжини різку) та кількості перемичок ("ніків"), що утримують заготовки в аркуші.

Розрахунковий час обробки тиражу ( $T_{cut}$ ):

$$T_{cut} = T_{setup} + \frac{N_{tir}}{V_{eff}}$$

де:

$T_{setup}$  - час на приладку. Завдяки наявності системи позиціонування Centerline II (яка дозволяє вирівнювати штанц-форму та інструменти видалення обрізків відносно центральної осі машини, а не навмання), час переналагодження скорочено до 30 - 45 хв (0,5 - 0,75 год).

$N_{tir}$  - тираж у друкарських аркушах

$V_{eff}$  - ефективна швидкість роботи, розрахована як добуток паспортної швидкості на коефіцієнт завантаження:

$$V_{eff} = V_{pass} \times K_{load}$$

Приймаємо  $V_{eff} = 5\,500$  арк/год, при паспортній швидкості  $V_{pass} = 8\,000$  та  $K_{load} = 0,7$

Оскільки реальна продуктивність висікання нижча за продуктивність друку (6000 проти 11000 арк./год), для синхронізації потоків планується робота ділянки висікання у подовженому змінному режимі або використання буферного накопичувача напівфабрикатів.

Процес фальцювання та склеювання (Folder-Gluing)

Заключним етапом є перетворення плоскої заготовки на готовий виріб. Для цього обрано універсальну лінію Bobst Expertfold 110.

Функціональні модулі:

Попередній згин (Pre-breaking): Картон має пружну деформацію. Щоб автоматична пакувальна лінія замовника могла легко відкрити коробку, всі повздожні лінії згину (1-ша та 3-тя) попередньо згинаються на  $180^\circ$  і  $135^\circ$  відповідно, а потім повертаються у вихідне положення. Без цієї операції жорсткість картону призведе до заклинювання автоматів фасування.

Нанесення клею: Використовується комбінована клейова система (NHS або Nordson). Для стандартних клапанів застосовується холодна дисперсія (PVA) через дискове нанесення або форсунки. Для лакованих поверхонь, де дисперсія не проникає в структуру, застосовується модуль плазмової активації поверхні або нанесення термоклею (Hot-melt).

Фінальне фальцювання та пресування: Секція транспортерів формує коробку, після чого вона потрапляє в пресувальний конвеєр (Trombone section).

Довжина пресувальної секції розраховується так, щоб час перебування коробки під тиском був достатнім для повної полімеризації клею (мінімум 15–20 секунд).

Розрахунок продуктивності:

Швидкість фальцювально-склеювальної машини вимірюється в метрах за хвилину, але для планування перераховується в штук/год.

$$V_{prod} = \frac{V_{belt} \times 60 \times K_{slipping}}{L_{box} + G}$$

де:

$V_{belt}$  - лінійна швидкість ременів (для картонних коробок середньої складності — 200–300 м/хв).

$L_{box}$ -довжина заготовки в напрямку руху (м).

$G$  - технологічний проміжок між коробками (Gap). Необхідний для роботи лічильника та пакувальника. Приймається 0.05 м (50 мм)

$K_{slipping}$  - коефіцієнт проковзування та мікрозупинок (0.9).

$$V_{prod} = \frac{250 \times 60 \times 0,9}{0,475 + 0,05} = \frac{13500}{0,525} = 25\,714 \text{ шт./год}$$

Отримана розрахункова продуктивність на рівні 25 714 шт./год є оптимальною для даного розміру виробу (ширина розгортки 475 мм). Хоча цей показник є фізично обмеженим лінійними розмірами заготовки порівняно з дрібною тарою (де швидкість сягає 60 000 шт./год), він забезпечує стабільний виробничий потік. Така швидкість дозволяє ритмічно обробляти тираж, мінімізуючи ризики браку, та гарантує виконання виробничої програми у встановлені терміни.

Контроль якості готової продукції:

На виході з лінії встановлено систему відбраковування (Flipper Ejector), яка, отримуючи сигнал від сканерів зчитування штрих-коду та клейових датчиків, автоматично видаляє з потоку коробки з відсутнім клеєм, перекосом складання ("риб'ячий хвіст") або змішаних видів (mix-up), гарантуючи 100% якість партії, що відвантажується.

#### 4.6. Проектування виробничих площ та логістика

Проектування виробничої ділянки базується на принципах потоковості (Flow Production) та мінімізації непродуктивних переміщень матеріалів. Головним завданням планування є створення інфраструктури, що забезпечує безперебійну роботу основного обладнання — друкарської машини KBA Rapida 105 та штанцювального преса Bobst Novacut, виключаючи перехресні траєкторії руху сировини, напівфабрикатів та персоналу.

##### Розрахунок виробничої площі

Визначення необхідної площі цеху здійснюється не простим сумуванням габаритів машин, а через розрахунок робочих зон із застосуванням коефіцієнта ефективного використання площі. Для сучасних поліграфічних виробництв із важким обладнанням та активним палетним рухом цей коефіцієнт зазвичай становить  $K_{ef} = 4 - 5$

1. Розрахунок робочих зон основного обладнання  $S_{work}$ : Робоча зона включає фізичні габарити машини, зони обслуговування (сервісні проходи) та зони завантаження/вивантаження продукції.

Друкарська машина KBA Rapida 105 : Фізичні розміри: 19 x 4 м. Додатково враховуються зони логістики (по 3,0 м з торців) та бічні проходи (2,5 м для оператора, 1,5 м для приводу).

$$S_{KBA} = (19 + 3 + 3) \times (4 + 2,5 + 1,5) = 25 \times 8 = 200 \text{ м}^2 \blacksquare$$

Вісікальний прес Bobst Novacut 106 E: Фізичні розміри: 6 х 4,2 м. Враховуються зони для зміни палет (по 2,5 м) та проходи.

$$S_{bobst} = (6 + 2,5 + 2,5) \times (4,2 + 2 + 1,5) = 11 \times 7,7 = 84,7 \text{ м}^2$$

Фальцювальньо-склеювальна лінія (Expertfold): Фізичні розміри: 14 х 1.8 м. Враховано збільшену зону приймання (3,0 м) для пакування в гофротару та широкий операторський прохід.

$$S_{folder} = (14 + 2 + 3) \times (1,8 + 2 + 1,2) = 19 \times 5 = 95 \text{ м}^2 \blacksquare$$

Сумарна площа робочих зон:

$$S_{work} = 200 + 84,7 + 95 = 379,7 \text{ м}^2$$

## 2. Розрахунок інфраструктурних площ:

Площа транспортних магістралей  $S_{log}$ :

Для безпечного пересування двох електронавантажувачів ширина центрального проїзду прийнята рівною 3,5 м. При довжині цеху 40 м:

$$S_{log} = 40 \times 3,5 = 140 \text{ м}^2$$

Площа міжопераційних буферів  $S_{buffer}$ : Враховуючи необхідність технологічної витримки відбитків (сушіння протягом 24–48 годин) та накопичення напівфабрикатів перед висіканням, під буферну зону відводиться 25% від робочої площі:

$$S_{buffer} = 379,7 \times 0,25 = 95 \text{ м}^2$$

## 3. Підсумковий розрахунок:

$$S = 379,7 + 140 + 95 = 614,7 \text{ м}^2$$

Перевірка ефективності планування: Співвідношення загальної площі виробництва  $614,7 \text{ м}^2$  до фізичної площі обладнання  $126,4 \text{ м}^2$  становить 4,86. Отриманий показник входить у нормативний діапазон від 4 до 5, що свідчить про раціональне використання виробничого простору з дотриманням норм охорони праці.

Фактична площа цеху -  $648 \text{ м}^2$  і перевищує розрахункову  $614,7 \text{ м}^2$  через приведення габаритів будівлі до уніфікованої сітки колон  $6 \times 6 \text{ м}$ . Надлишок площі використовуються для розширення магістральних проїздів.

#### Організація технологічних зон та планування (Layout)

Просторова організація цеху реалізується за лінійною схемою ("I-shape" або "U-shape"), що забезпечує послідовне проходження матеріалу від воріт розвантаження до воріт відвантаження готової продукції.

#### Зона А: Приймання та акліматизація сировини.

Це критична ділянка для картонного виробництва. Картон надходить на палетах і перед подачею в друк повинен пройти процес температурно-вологісної акліматизації. Проектується буферна зона, розрахована на 48-годинний запас сировини (при повній завантаженості КВА це близько 40–60 палет). Розміщення цієї зони має бути максимально наближеним до самонакладу друкарської машини, щоб мінімізувати шлях транспортування відкритого матеріалу, чутливого до змін мікроклімату.

#### Зона В: Друкарська дільниця (Пресова зона).

Розміщення КВА Rapida 105 вимагає підготовки спеціального віброізолюваного фундаменту, здатного витримати динамічні навантаження масивної машини (вага понад 40 тонн). Навколо машини формується дві логістичні підзони:

Зона завантаження: простір для підготовки палет з чистим картоном та станція централізованої подачі фарби (насоси та бочки 200 кг), винесена за межі прямого проходу для безпеки.

Зона приймання (Вихід): тут формується буфер напівфабрикатів (WIP - Work In Progress). Віддруковані аркуші повинні вистоятися для остаточного закріплення фарб та полімеризації лаку перед висіканням (мінімум 4–8 годин). Ця зона повинна вміщувати змінний виробіток машини.

Зона С: Дільниця штанцювання та видалення відходів.

Прес Bobst Novacut розміщується послідовно після зони вистоювання напівфабрикатів. Ключовою особливістю планування цієї зони є логістика відходів. Оскільки при висіканні утворюється значний обсяг макулатури (облой), поруч із машиною проектується місце для встановлення великогабаритних контейнерів або (в ідеальному варіанті) шахта для стрічкового транспортера, що автоматично видаляє обрізки в систему пресування (Baling press), розташовану в окремому приміщенні або на вулиці.

Зона D: Фінішна обробка та експедиція.

Лінія склеювання Bobst Expertfold встановлюється паралельно або перпендикулярно до потоку, завершуючи цикл. Зона експедиції включає ділянку палетування готової продукції (стрейч-худ або обмотка) та зону відвантаження. Важливо передбачити окремі ворота для відвантаження, щоб потоки готової продукції не перетиналися з потоками вхідної сировини (вимога стандартів ISO та BRC для харчового пакування).

Мікроклімат та інженерне забезпечення

Окрім фізичного розміщення машин, проект цеху включає систему підтримку мікроклімату. Для стабільного друку та точного суміщення фарб температура в цеху повинна підтримуватися на рівні:

$$\begin{cases} T_{air} = 21 \pm 2^{\circ}\text{C} \\ \varphi_{air} = 50 \dots 55\% \end{cases}$$

Недотримання цих параметрів призводить до зміни лінійних розмірів картонного аркуша та проблем зі статичною електрикою. Система зволоження повітря (форсунки високого тиску) проектується над основними проходами, уникаючи прямого попадання вологи на обладнання та штабелі паперу.

Освітлення робочих зон (пультів керування) має відповідати стандарту ISO 3664 (D50, 2000 люкс) для коректної візуальної оцінки кольору операторами, тоді як загальне освітлення цеху проектується на рівні 500 люкс.

## РОЗДІЛ 5. ОПИС ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ УПАКОВКИ

### 5.1. Маркетинговий аналіз та сегментація замовників

Життєвий цикл пакувальної продукції нерозривно пов'язаний із життєвим циклом товару, що пакується. Враховуючи технічні можливості спроектованої дільниці (офсетний друк формату В1, високоточне висікання), проведено сегментацію ринку для досягнення цільової виробничої потужності 25 млн шт./рік.

Стратегія завантаження виробництва базується на диверсифікації портфеля замовлень В2В-сектору:

Сегмент виходу на ринок: Кондитерські вироби.

Замовник: Виробники печива середньої потужності (типу "Вівсяне печиво").

Потреба: 1–5 млн шт./рік.

Вимоги: Харчова безпека (бар'єрні властивості картону), конструктивна міцність для логістики, низька собівартість при середніх тиражах.

Роль у проекті: Забезпечення базового завантаження для покриття постійних витрат на старті.

Сегмент розвитку (Етап зростання): FMCG та Бакалія.

Замовник: Виробники чаю, кави, сухих сніданків, заморожених напівфабрикатів.

Потреба: 10–12 млн шт./рік.

Вимоги: Висока якість друку, складні види оздоблення (вибірковий лак, тиснення) для конкуренції на полиці супермаркету.

Конкурентна перевага дільниці: Використання машини KBA Rapida 105 дозволяє друкувати збірні тиражі на форматі В1, знижуючи вартість одиниці упаковки для клієнта на 15–20%.

Високомаржинальний сегмент : Фармацевтика та Косметика.

Замовник: Фармацевтичні фабрики, виробники косметики.

Потреба: 8–10 млн шт./рік.

Вимоги: Відсутність дефектів (контроль PDFCheck), захист від підробок (мікротекст), використання екологічних матеріалів.

Роль у проекті: Формування додаткового прибутку підприємства. Завдяки системі контролю якості QualiTronic, дільниця здатна пройти аудит якості фарм-компаній.

Таким чином, сумарний попит прогнозується на рівні 25 млн виробів на рік, що відповідає розрахунковій точці рентабельності та забезпечує стабільне функціонування підприємства.

## **5.2. Модель життєвого циклу упаковки (LCA)**

Життєвий цикл спроектованої упаковки розглядається за принципом «від колиски до колиски», що передбачає повну рекуперацію матеріалів та відсутність незворотних відходів

Видобуток сировини: Використання деревини із сертифікованих лісів (FSC), де замість кожного зрубаного дерева висаджується 3–4 нових. Виробництво картону MetsaBoard FBB характеризується зниженим вуглецевим слідом завдяки використанню біоенергії на комбінаті.

Виробництво: Процеси друку та штанцювання на спроектованій дільниці оптимізовані для мінімізації відходів. Технологічні відходи автоматично пресуються та відправляються на переробку.

### **5.3. Утилізація та відповідність законодавству України**

Поводження з використаною упаковкою регламентується Законом України «Про управління відходами» (№ 2320-IX від 20.06.2022), який імплементує в українське законодавство Рамкову директиву ЄС про відходи (2008/98/ЄС).

Правовий статус упаковки: Відповідно до ст. 13 Закону, розроблена упаковка підпадає під принцип «Ієрархії управління відходами», де пріоритетом є підготовка до повторного використання та рециклінг (відновлення). Оскільки упаковка виготовлена з мономатеріалу (целюлозний картон) та покрита водно-дисперсійним лаком (без пластикової ламінації), вона класифікується як відходи паперу та картону (Код відходу 15 01 01 згідно з Національним переліком відходів).

Інструкція з утилізації для споживача: Щоб запобігти негативному впливу на довкілля та виконати вимоги Закону, кінцевий споживач повинен виконати наступні дії:

Очищення: Повністю видалити залишки продукту та внутрішній пакет (флоу-пак, якщо він є).

Складання: Розкласти коробку до плоского стану для зменшення об'єму сміття.

Сортування: Викинути у контейнер для роздільного збору "ПАПІР" або здати у пункт прийому вторсировини.

Технічна можливість переробки: Розроблена упаковка має маркування PAP 21 - Non-corrugated cardboard. Завдяки використанню водорозчинних клеїв та лаків, вона повністю придатна до розпуску на волокна (repulping) на українських ККПК

(Київський, Жидачівський комбінати). З такого вторинного волокна виготовляють гофрокартон, ячні лотки або технічний папір, замикаючи цикл матеріалу.

Такий підхід гарантує, що спроектований виріб не стане джерелом забруднення полігонів, а повернеться в економіку як цінний вторинний ресурс, що повністю відповідає принципам сталого розвитку та законодавству України.

## РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Виробничий процес виготовлення картонного пакування, реалізований на базі комплексу КВА Rapida 105 та Bobst Novacut, характеризується поєднанням високошвидкісних механічних навантажень, використання хімічно активних речовин та складної аеродинамічної обстановки. Згідно з класифікацією ГОСТ 12.0.003-74, на персонал ділянки впливають фізичні та хімічні групи факторів, інтенсивність яких може перевищувати гранично допустимі рівні (ГДР) без застосування інженерних засобів захисту.

#### Фізичні небезпечні фактори (Механічна група)

Домінуючим джерелом небезпеки є рухомі частини виробничого обладнання. У друкарській машині КВА Rapida 105 зонами підвищеного ризику є фарбові та зволожуючі апарати, що складаються з системи валиків, які обертаються назустріч один одному. Виникає ефект "затягування" (in-running nip hazard), де навіть при наявності захисних кожухів існує ризик травмування кистей рук під час регламентних робіт (змивання, видалення марашок) при порушенні протоколу блокування пуску. Особливу небезпеку становлять автоматизовані системи логістики палет (самонаклад та приймання). Рух підйомних столів із вантажем до 1,5 тонн створює ризик затискання або роздавлювання кінцівок оператора між стапелем та нерухомими конструкціями машини.

Штанцювальний прес Bobst Novacut 106 E генерує специфічний механічний ризик — зворотно-поступальний рух тигеля з зусиллям до 2,6 МН. Хоча робоча зона захищена фотобар'єрами, кінетична енергія рухомої плити є летальною. Додатковим фактором є гострі кромки штанцформ (ріжучі лінійки) та рух рейферних штанг на високих швидкостях, що може призвести до різаних ран при заміні оснастки.

## Акустичне навантаження та вібрація

Робота друкарського та штанцювального обладнання супроводжується генеруванням шуму широкого спектра. Основними джерелами є компресори та повітродувки (система роздування аркушів), головний привід машин та система витяжки. Рівень шуму в зоні друкарської машини може досягати  $85 \dots 90$  дБА, що перевищує санітарну норму для постійного робочого місця (80 дБА). Специфікою штанцювальної дільниці є імпульсний шум ударного характеру, що виникає в момент змикання тигеля та прорубування картону. Такий тип шуму чинить більш руйнівний вплив на слуховий апарат людини, викликаючи швидку втому та, у довгостроковій перспективі, професійну приглухуватість. Вібраційне навантаження передається через підлогу від масивних станин, що вимагає використання віброізолюючих фундаментів для мінімізації впливу на опорно-руховий апарат працівників.

## Хімічні фактори та аерозолі

Хімічна небезпека обумовлена технологією офсетного друку, що передбачає використання летких розчинників.

Ізопропиловий спирт (ІРА): Використовується у зволожуючому розчині (концентрація 8–12%). Пари спирту є легкозаймистими та мають наркотичну дію на центральну нервову систему. Навіть при наявності витяжки, в зоні корита зволоження можливе локальне перевищення ГДК парів у повітрі робочої зони ( $>10$  мг/м<sup>3</sup>).

Змивальні розчини: Вміст вуглеводнів у засобах для автоматичного змивання гуми та валів відносить їх до 3-го класу небезпеки. Контакт зі шкірою викликає дерматити та екземи, оскільки розчинники змивають природний жировий шар шкіри.

Протимарильний порошок: Це дрібнодисперсний пил (на основі крохмалю або карбонату кальцію), який розпилюється на виході з машини. У поєднанні з паперовим пилом (ворсом картону), він утворює стійкий аерозоль фіброгенної дії. Вдихання цього пилу без засобів захисту (респіраторів) провокує захворювання дихальних шляхів (пневмоконіози). Крім того, висока концентрація органічного пилу в повітрі є вибухонебезпечною (пилоповітряна суміш).

### Мікроклімат та термічні фактори

Технологічна необхідність підтримки вологості на рівні 50...55% та температури 21...23°C створює специфічні умови. Хоча вони є комфортними, робота сушильних пристроїв (IR/TL) на прийманні КВА Rapida генерує значні тепловиділення. Температура поверхні кожухів сушарки може досягати травмонебезпечних значень, а викиди гарячого повітря при несправності вентиляції призводять до локального перегріву на робочому місці друкаря-приймальника, підвищуючи ризик теплового удару.

## 6.2. Заходи з охорони праці

Розробка комплексних заходів з охорони праці базується на пріоритеті інженерно-технічних рішень над організаційними. Головною метою є не просто ізоляція працівника від небезпеки за допомогою індивідуальних засобів захисту, а ліквідація або мінімізація джерела небезпеки на етапі проектування та експлуатації виробничої системи.

### Нормалізація мікроклімату та стану повітряного середовища

Забезпечення допустимих параметрів мікроклімату в друкарському цеху вирішує подвійну задачу: збереження здоров'я персоналу та дотримання технологічних вимог до матеріалів. Для боротьби з надлишком тепла, що генерується сушильними пристроями (IR/TL) машини КВА Rapida та головними

приводами обладнання, передбачено систему припливно-витяжної вентиляції з автоматичним клімат-контролем. Кратність повітрообміну розраховується таким чином, щоб забезпечити повне видалення теплонадлишків та зниження концентрації шкідливих речовин (парів ізопропилового спирту, змивальних розчинів) до рівня нижче гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Особлива увага приділяється локалізації шкідливих викидів. Над секціями приймання друкарської машини та зонами нанесення лаку монтуються місцеві відсмоктувачі (парасолі), які вловлюють леткі сполуки та озон безпосередньо в місці їх утворення, не дозволяючи їм поширюватися по цеху. Для боротьби з паперовим пилом та протимарильним порошком, які є сильними алергенами та фактором вибухонебезпеки, система штанцювання Vobst Novacut та зона приймання КВА інтегруються в централізовану систему аспірації. Фільтраційні установки (циклони) винесені за межі робочої зони, що запобігає повторному потраплянню пилу в повітря. Для підтримки відносної вологості на рівні 50–55% використовується система адіабатичного зволоження (туманоутворення) високого тиску, що також сприяє осадженню зваженого пилу.

#### Заходи захисту від шуму та вібрації

Зниження акустичного навантаження реалізується комплексно методами звукоізоляції та звукопоглинання. Конструктивно пульт керування друкарською машиною (ErgoTronic Console) винесено в окрему ергономічну зону, захищену акустичними екранами, що знижує рівень шуму для друкаря-оператора до комфортних 70–75 дБА під час налаштування тиражу. Найбільш шумні агрегати (компресори, повітродувки, насоси централізованої подачі фарби) винесені в окреме ізольоване технічне приміщення або розміщені в шумопоглинаючих кожухах. Стіни та стеля виробничого цеху облицьовуються пористими матеріалами (мінеральна вата, перфоровані панелі) для зменшення реверберації (луни), яка підсилює загальний шумовий фон.

Вібраційна безпека забезпечується на етапі будівельних робіт. Важке обладнання (КВА Rapida, Bobst Novacut) встановлюється на спеціальні віброізолювані фундаменти ("плаваюча підлога"), які конструктивно відокремлені від несучих конструкцій будівлі демпферними швами. Це запобігає передачі низькочастотних коливань на робочі місця персоналу та адміністративні приміщення. Додатково, всі двигуни та насоси монтуються на пружинні або гумові віброопори.

#### Електробезпека та захист від статичної електрики

Електробезпека на ділянці регламентується вимогами ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). Усе технологічне обладнання підключається до п'ятипровідної мережі (система TN-S) з окремим захисним провідником (PE). Корпуси всіх електродвигунів, шаф керування, станини машин та металеві конструкції кабельних трас підлягають обов'язковому захисному заземленню для уникнення ураження струмом у разі пробоя ізоляції. Регулярно проводиться вимірювання опору контуру заземлення (не більше 4 Ом) та опору ізоляції.

Критичним аспектом безпеки у поліграфії є боротьба зі статичною електрикою. Накопичення заряду на поверхні картону та плівки може призвести до іскрового розряду, що в умовах наявності парів розчинників загрожує пожежею. Для нейтралізації цього явища на машині КВА Rapida встановлюються активні іонізатори повітря (розрядники) на самонакладі та прийманні. У штанцювальній машині Bobst застосовуються антистатичні щітки та планки. Також забезпечується електрична безперервність (еквіпотенційне з'єднання) усіх частин машини, щоб унеможливити різницю потенціалів між окремими вузлами. Персонал забезпечується антистатичним спецвзуттям та одягом з бавовни, що запобігає накопиченню заряду на тілі людини.

Важливим організаційно-технічним заходом є впровадження системи LOTO (Lockout/Tagout). При проведенні будь-яких ремонтних робіт, очищенні циліндрів

або перебуванні людини в небезпечній зоні (наприклад, всередині машини), головний рубильник блокується індивідуальним замком, ключ від якого знаходиться лише у виконавця робіт. Це фізично унеможлиблює випадковий запуск обладнання іншою особою.

### **6.3. Пожежна безпека.**

Забезпечення пожежної безпеки на запроектованій ділянці є критичним завданням, оскільки поліграфічне виробництво відноситься до категорії підвищеної пожежної небезпеки (категорія В згідно з НАПБ Б.03.002-2007). Це обумовлено одночасною наявністю значного пожежного навантаження у вигляді горючих твердих матеріалів (картон, папір, гума) та використанням легкозаймистих (ЛЗР) і горючих рідин (ізопропиловий спирт, змивальні розчини, лаки, фарби).

#### **Характеристика пожежної небезпеки та профілактичні заходи**

Основними джерелами займання у технологічному процесі є розряди статичної електрики, несправність електрообладнання, перегрів підшипників тертя та порушення режиму роботи сушильних пристроїв. Найбільш небезпечною ділянкою є зона друкарської машини КВА Rapida 105, де можливе утворення вибухонебезпечних пароповітряних сумішей спирту та розчинників. Для запобігання цьому всі ємності з ЛЗР (бочки, каністри) зберігаються виключно у спеціальних металевих шафах із примусовою вентиляцією та піддонами для локалізації проливів. Категорично забороняється використання відкритого вогню та інструменту, що дає іскру при ударі.

Окрему загрозу становить явище хімічного самозаймання промасленого обтирального матеріалу (дрантя). В результаті окислювальної полімеризації рослинних олій, що входять до складу фарб, виділяється тепло, яке в умовах

поганого тепловідводу (нагромадження ганчірок) призводить до підвищення температури до точки займання. Для унеможливлення цього сценарію використане дрантя негайно збирається у спеціальні герметичні металеві контейнери з кришками, що самозакриваються, і вивозиться з цеху в кінці кожної зміни.

#### Системи виявлення та гасіння пожеж

Виробниче приміщення обладнується автоматичною адресною системою пожежної сигналізації. Сповіщувачі диму та полум'я розміщуються з урахуванням зон перекриття, а над зонами підвищеного ризику (склад паперу, зона фарбових апаратів) встановлюються комбіновані датчиці. У разі спрацювання сигналізації автоматично відключається загальнообмінна вентиляція та закриваються протипожежні клапани (вогнезатримувачі) у повітроводах, щоб запобігти подачі кисню до вогнища та поширенню диму суміжними приміщеннями.

Організація системи пожежогасіння базується на диференційованому підході до вогнегасних речовин:

Спринклерна водяна система: Встановлюється над зонами складування картону та готової продукції (Клас пожежі А). Вода є ефективним та дешевим засобом для гасіння целюлозних матеріалів.

Вуглекислотні вогнегасники (CO<sub>2</sub>): Є єдиним допустимим засобом для гасіння загорянь безпосередньо на друкарській машині та в електрошафах (Клас пожежі Е). Вуглекислота не проводить струм, ефективно витісняє кисень і, що найважливіше, не залишає слідів та не пошкоджує чутливу електроніку та механіку дороговартісного обладнання, на відміну від порошкових сумішей.

Порошкові вогнегасники (типу ABC): Розміщуються на пожежних щитах по периметру цеху як резервний засіб для гасіння розливів рідин та загальних загорянь, де ризик пошкодження обладнання є вторинним фактором порівняно з поширенням вогню.

## Специфіка захисту сушильних пристроїв

Сушильна ділянка машини KBA Rapida (IR/TL Dryer) є зоною максимального ризику. У разі аварійної зупинки машини ("стоп-прес") при працюючих лампах картонний аркуш може миттєво спалахнути. Сучасні машини оснащуються інтегрованими датчиками температури, які автоматично відключають живлення ламп при перевищенні порогу нагріву або зупинці транспортера. Додатково передбачено можливість подачі інертного газу або вуглекислоти безпосередньо в камеру сушіння у разі детекції відкритого полум'я всередині агрегату.

## Евакуація та дії персоналу

План евакуації розробляється з урахуванням розстановки великогабаритного обладнання та штабелів матеріалів. Головні проходи (шириною не менше 2 м) повинні постійно залишатися вільними від палет та тари, що позначається жовтою розміткою на підлозі. Двері евакуаційних виходів обладнуються системою "Антипаніка". Персонал проходить регулярні тренінги з використання первинних засобів пожежогасіння, оскільки перші хвилини розвитку пожежі є вирішальними для мінімізації збитків.

## **6.4. Екологічна безпека виробництва (Утилізація відходів).**

Екологічна стратегія сучасного поліграфічного підприємства базується на принципах мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище шляхом раціонального поводження з ресурсами та суворої сегрегації відходів. Технологічний процес виготовлення картонного пакування генерує три основні групи відходів, кожна з яких вимагає специфічного алгоритму утилізації.

## Поводження з твердими побутовими та промисловими відходами

Найбільшим за обсягом (до 90% маси всіх відходів) є технологічний відхід картону та паперу (макулатура). Він утворюється на етапах приладки друкарської машини (start-up waste) та, в найбільшій мірі, під час штанцювання на пресі Bobst

Novacut (висічка облою, висічка вікон, технологічні поля). З екологічної та економічної точки зору, цей тип відходів є цінною вторинною сировиною (категорія "Вторинні матеріальні ресурси"). Для оптимізації логістики підприємство обладнується системою автоматичного видалення обрізків від штанц-автомата стрічковим транспортером безпосередньо в бункер гідравлічного преса. Пресування макулатури в компактні тюки вагою 300–400 кг дозволяє зменшити об'єм відходів у 10–15 разів, що суттєво знижує транспортні витрати при їх передачі на картонно-паперові комбінати (КПК) для рециклінгу.

Окрему групу становлять тверді токсичні відходи (I–III клас небезпеки). До них належать використані алюмінієві друкарські форми, забруднені фарбою, порожня металева та пластикова тара з-під фарб, лаків та розчинників, а також відпрацьовані фільтри систем вентиляції. Особливо небезпечним є промаслене дрантя та ганчір'я, використане для змивання офсетної гуми. Ці матеріали категорично заборонено змішувати з побутовим сміттям або макулатурою. Вони збираються в марковані герметичні контейнери та передаються спеціалізованим ліцензованим організаціям для термічної утилізації (спалювання у високотемпературних печах) або поховання на полігонах для небезпечних відходів.

#### Захист атмосферного повітря

Джерелом забруднення атмосфери в офсетному друці є емісія летких органічних сполук (ЛОС / VOC — Volatile Organic Compounds). Випаровування ізопропилового спирту зі зволожуючого апарату та вуглеводнів із засобів для змивання негативно впливає на озоновий шар. Для мінімізації цього впливу на обраній машині KBA Rapida 105 реалізовано технологію друку зі зниженим вмістом спирту (Low-alcohol printing, до 3–5%) завдяки використанню спеціальних добавок та високоточних дозуючих систем. Крім того, машина оснащена системою рециркуляції та фільтрації зволожуючого розчину, що подовжує термін його служби та зменшує загальне споживання хімікатів. Викиди від сушильних пристроїв та систем аспірації проходять через двоступеневу систему очищення

перед виходом в атмосферу, забезпечуючи дотримання нормативів ГДВ (гранично допустимих викидів).

### Охорона водних ресурсів

Специфіка офсетного виробництва виключає можливість скидання технологічних рідин у загальну каналізаційну мережу. Відпрацьований зволожуючий розчин, вода після промивання секцій водно-дисперсійного лакування та залишки клею з лінії Bobst Expertfold містять емульговані нафтопродукти, полімери, важкі метали (пігменти) та поверхнево-активні речовини. Підприємство зобов'язане укласти договір на вивезення рідких хімічних відходів або встановити локальну флотаційно-фільтраційну установку. Така установка розщеплює емульсію, відділяючи твердий шлам (який утилізується як тверді небезпечні відходи) та технічну воду, яка може бути використана повторно для технічних потреб або, після контролю рН та вмісту нафтопродуктів, скинута в каналізацію згідно з місцевими технічними умовами.

Використання екологічно сертифікованих витратних матеріалів (фарби на рослинній основі, лаки без аміаку) та суворий облік хімікатів дозволяють класифікувати спроектоване виробництво як таке, що відповідає сучасним стандартам екологічного менеджменту ISO 14001.

## РОЗДІЛ 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 7.1. Розрахунок капітальних вкладень

Економічна ефективність проектного поліграфічного підприємства з виготовлення картонного пакування базується на коректній оцінці обсягу початкових інвестицій (CAPEX). Капітальні вкладення включають витрати на придбання основного технологічного обладнання, допоміжних агрегатів, модернізацію виробничих приміщень, а також логістичні та інсталяційні витрати, необхідні для введення об'єкта в експлуатацію.

Інвестиції в основне технологічне обладнання Ядром виробничого комплексу є високотехнологічні машини, вибір яких було обґрунтовано у попередніх розділах. Вартість обладнання визначається ринковими цінами на нові або відновлені (refurbished) моделі відповідного класу станом на поточний розрахунковий період.

Друкарська дільниця: Основна частка інвестицій припадає на листову офсетну машину KBA Rapida 105 у конфігурації з лакувальною секцією та подовженим виводом (ALV2). У вартість даного активу, окрім "тіла" машини, включено спеціалізовані опції для картонного пакування: систему SIS (безнакладна подача), систему контролю кольору QualiTronic та пакет Non-stop логістики. Орієнтовна вартість комплексу становить близько 60–65 млн грн.

Дільниця висікання: Штанцювальний прес Bobst Novacut 106 E вимагає значних вкладень, що виправдано його високою ліквідністю та надійністю. У кошторис також включено стартовий набір оснастки (рамки, плити). Вартість одиниці становить близько 15 млн грн.

Дільниця склеювання: Фальцювально-склеювальна лінія Bobst Expertfold 110 з модулями попереднього згину та клейовою станцією NNS. Вартість — близько 10 млн грн.

Витрати на допоміжне обладнання та інфраструктуру Повноцінне функціонування основного обладнання неможливе без розгалуженої інженерної інфраструктури. До цієї статті витрат включено:

Системи стисненого повітря: Гвинтовий компресор з ресивером та осушувачем повітря для живлення пневматичних систем машин.

Кліматичне обладнання: Промислова система зволоження (туманоутворення) та припливно-витяжна вентиляція для підтримки стабільного мікроклімату, критичного для картону.

Складська логістика: Електричні навантажувачі (штабелери), гідравлічні візки (рокли) та стелажні системи для зберігання сировини і готової продукції.

Додрукарське обладнання: Комплекс CtP (Computer-to-Plate) для виготовлення друкарських форм, включаючи проявний процесор та станцію пробивання штапфтових отворів.

Сумарна вартість допоміжного обладнання оцінюється у 10–15% від вартості основного парку машин.

Будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи Специфіка поліграфічного обладнання (велика маса та динамічні навантаження) вимагає спеціальної підготовки приміщення. Витрати включають заливку посилених віброізолюваних фундаментів під КВА Rapida та Bobst Novacut, прокладання силових кабельних трас, монтаж контуру заземлення та освітлення зони друку лампами нормованого спектру (D50).

Окремою вагомою статтею є витрати на логістику та запуск (Delivery & Installation). Сюди входить транспортування негабаритних вантажів, страхування в дорозі, послуги такелажних бригад для розвантаження, а також оплата праці сертифікованих інженерів заводу-виробника, які проводять збирання,

налаштування машин та навчання персоналу. Ці витрати зазвичай складають 5–7% від вартості обладнання.

Формування стартового оборотного капіталу Для забезпечення безперебійного старту виробництва необхідно передбачити інвестиції в оборотні активи. Це включає закупівлю початкового запасу сировини (картон різних форматів та щільності, офсетні фарби, лаки, хімікати) на перший місяць роботи, а також фонд оплати праці та покриття енергоносіїв до моменту отримання перших надходжень від реалізації продукції.

Таким чином, структура капітальних вкладень проекту має чітко виражений технологічний характер, де понад 70% коштів спрямовано на придбання високопродуктивних основних засобів, що забезпечує створення активу з високою доданою вартістю та тривалим терміном експлуатації.

Розрахунки кошторису наведені в таблиці 7.1.

*Таблиця 7.1. - Кошторис капітальних вкладень в проект*

№	Найменування статті витрат	Вартість, м	Частка, %
1	Аркушева офсетна машина КВА Rapida опціями)	65	59,2
2	Штанцювальний прес Bobst Novacut 10 (оснасткою)	15	13,7
3	Фальцювально-склеювальна лінія Expertfold 110	10	9,1
4	Допоміжне обладнання (СтР, компр клімат, логістика)	13,5	12,3
5	Інсталяція та запуск (доставка, м навчання)	6,3	5,7
Разом	Загальні капітальні вкладення	109,8	100

## 7.2. Розрахунок собівартості продукції.

Розрахунок собівартості поліграфічної продукції є ключовим етапом економічного планування, що дозволяє визначити нижню межу ціни реалізації та оцінити рентабельність виробництва. Специфіка виготовлення картонного пакування вимагає застосування по замовного методу калькулювання (Job Order Costing), де об'єктом обліку є конкретний тираж.

Структура собівартості формується за статтями калькуляції, які поділяються на прямі (що безпосередньо відносяться на замовлення) та непрямі (накладні) витрати.

### Прямі матеріальні витрати

Найвагомішою складовою у структурі собівартості пакування (до 70 - 80%) є вартість основного матеріалу - картону. Розрахунок потреби в матеріалах здійснюється з урахуванням технологічних норм відходів на кожній операції за формулою:

$$C_{mat} = (N_{tir} + N_{tech}) \times P_{sheet} + C_{ink} + C_{varnish} + C_{aux}$$

де:

$N_{tir}$  - комерційний тираж (у друкарських аркушах).

$N_{tech}$  - норматив технічних відходів паперу. Включає відходи на приладку друку (завдяки технології DOP знижено до 20–50 арк.), приладку висікання (30–50 арк.) та відходи на техпроцес (1.5–2.0% від тиражу).

$P_{sheet}$  - ціна одного аркуша картону;

$C_{varnish}$  - вартість лаку. Витрата водно-дисперсійного лаку становить 4–6 г/м<sup>2</sup> (мокрий шар).

$C_{aux}$  - вартість допоміжних матеріалів (зволожуючий розчин, змивки, протимарильний порошок), що приймається як 3% від вартості основних матеріалів.

Приклад розрахунку для модельного замовлення  $N_{tir} = 50\,000$  аркушів: Для економічного обґрунтування обрано тираж 200 000 виробів (50 000 аркушів формату 0,7 x 1 м), що відповідає змінному завантаженню обладнання. Матеріал: целюлозний картон Metsa Board Pro FVB (270 г/м<sup>2</sup>).

#### 1. Витрати на картон $C_{paper}$ :

- Ціна 1 кг картону  $P_{kg}$ : 65 грн
- Вага 1 аркуша: 0,7 x 1 x 0,27 = 0,189 кг
- Ціна 1 аркуша: 65 x 0,189 = 12,29 грн

#### Технічні відходи $N_{tech}$ :

- Приладка друку та висікання - 200 арк
- Технологічні відходи - 2%: 50 000 x 2% = 1 000 арк
- Всього відходів - 1 200 арк
- Потреба в матеріалі: 50 000 + 1 200 = 51 200 арк

$$C_{paper} = 51\,200 \times 12,29 = 629\,248 \text{ грн}$$

#### 2. Витрати на фарбу $C_{ink}$ :

- Загальна площа друку: 50 000 x 0,7 = 35 000 м<sup>2</sup>
- Розрахунок потреби (СМУК, середнє заповнення 40%, витрата 1.5 г/м<sup>2</sup>):

$$M_{ink} = \frac{35\,000 \times 1,5 \times 4 \times 0,4}{1000} = 84 \text{ кг}$$

- Вартість (при ціні 450 грн/кг):

$$C_{ink} = 84 \times 450 = 37\,800 \text{ грн}$$

### 3.3. Витрати на лак $C_{varnish}$ :

- Суцільне лакування водно-дисперсійним лаком (витрата 5 г/м<sup>2</sup>):

$$M_{varnish} = \frac{35\,000 \times 5}{1000} = 175 \text{ кг}$$

- Вартість (при ціні 180 грн/кг):

$$C_{varnish} = 175 \times 180 = 31\,500 \text{ грн}$$

### 4. Допоміжні матеріали $C_{aux}$ :

$$C_{aux} = (629\,248 + 37\,800 + 31\,500) \times 0,03 = 20\,956 \text{ грн}$$

### Загальна матеріаломісткість $C_{mat}$ :

$$C_{mat} = 629\,248 + 37\,800 + 31\,500 + 20\,956 = 719\,504 \text{ грн}$$

Аналіз структури витрат: Розрахунок показує, що питома вага картону у загальній вартості матеріалів становить:

$$\frac{629\,248}{719\,504} = 87,5 \%$$

Отриманий показник підтверджує, що для забезпечення економічної ефективності виробництва критично важливим є досягнення високого коефіцієнта використання площі аркуша  $K_v = 86,9\%$  та мінімізація технічних відходів на стадіях приладки.

Окремою статтею прямих витрат є виготовлення оснастки: офсетних друкарських форм (СтР) та штанцформ (штампів). Ці витрати є одноразовими для

конкретного замовлення і повністю переносяться на його собівартість незалежно від обсягу тиражу.

Таблиця 7.2 - Калькуляція матеріальних витрат на модельний тираж

№	Стаття витрат	Примітка	Сума, грн	%
1	Картон	MetsaBoard Pro F 200 арк.	629 248	87,5
2	Офсетна фарба	84 кг	37 800	5,3
3	Водно-дисперсійний л	175 кг	31 500	4,4
4	Допоміжні матеріали	3% від суми о сн	20 956	2,9
Разом			719 504	100,0

Виробничі витрати (Вартість машинної обробки)

Для точного визначення витрат на обробку застосовується методика розрахунку повної собівартості машино-години (BHR — Budgeted Hourly Rate) для кожної одиниці обладнання: КВА Rapida 105, Bobst Novacut та Bobst Expertfold.

Вартість однієї години роботи обладнання  $C_h$  включає:

Амортизаційні відрахування: Розраховуються лінійним методом виходячи з вартості обладнання та терміну його корисної експлуатації (зазвичай 5–7 років для активної експлуатації). Це дозволяє акумулювати кошти для майбутньої заміни (реновації) основних фондів.

Енерговитрати: Вартість спожитої електроенергії (активної та реактивної) виходячи з номінальної потужності машини та коефіцієнта її завантаження. Для КВА Rapida 105 (з сушкою) це значна стаття витрат.

Витрати на утримання та ремонт: Витрати на сервісне обслуговування, запчастини, мастильні матеріали та змивки.

Пряма заробітна плата виробничого персоналу: Фонд оплати праці (ФОП) друкарів, помічників та операторів, включаючи основну ставку, премії за виробіток та нарахування єдиного соціального внеску (ЄСВ).

Загальна вартість машинної обробки тиражу  $C_{process}$  визначається як:

$$C_{process} = \Sigma (T_{op} \times C_{hour})$$

$C_{hour}$  - вартість однієї машино-години роботи обладнання (включає амортизацію, енергоспоживання, зарплату бригади та поточний ремонт).

$T_{op}$  - повний час виконання операції:

$$T_{op} = T_{setup} + \frac{N}{V_{eff}}; \text{ де:}$$

$T_{setup}$  - час приладки;  $N$  - обсяг роботи,  $V_{eff}$  - ефективна швидкість

Розрахунок по операціях:

А) Офсетний друк (КВА Rapida 105):

$$T_{setup} = 0.5 \text{ год (завдяки системі DriveTronic).}$$

$$T_{run} = \frac{50\,000 \text{ арк}}{10\,000 \text{ арк/год}} = 5.0 \text{ год.}$$

Разом час: 5.5 год.

Ставка ( $C_{hour}$ ): 3 500 грн/год.

$$C_{print} = 5,5 \times 3500 = 19\,250 \text{ грн}$$

Б) Висікання (Bobst Novacut 106 E):

$$T_{setup} = 0.75 \text{ год (система Centerline).}$$

$$T_{run} = \frac{50\,000 \text{ арк}}{5\,500 \text{ арк/год}} \approx 9.1 \text{ год.}$$

Разом час: 9.85 год.

Ставка ( $C_{hour}$ ): 1 800 грн/год.

$$C_{cut} = 9,85 \times 1800 = 17\,730 \text{ грн}$$

В) Фальцювання та склеювання (Bobst Expertfold):

$$T_{setup} = 0.5 \text{ год.}$$

$$T_{run} = \frac{200\,000 \text{ шт}}{25\,000 \text{ шт/год}} = 8.0 \text{ год.}$$

Разом час: 8.5 год.

Ставка ( $C_{hour}$ ): 1 200 грн/год.

$$C_{fold} = 8,5 \times 1200 = 10\,200 \text{ грн}$$

Сумарна вартість обробки:

$$C_{process} = 19\,250 + 17\,730 + 10\,200 = 47\,180 \text{ грн}$$

2. Загальновиборничі та адміністративні витрати ( $C_{overhead}$ )

Ця стаття витрат (накладні витрати) покриває утримання цеху, опалення, освітлення, роботу технологів, комірників та адміністрації. У поліграфії вона зазвичай розраховується як відсоток від прямих виробничих витрат або машинної обробки.

Враховуючи структуру витрат високотехнологічного виробництва, де основну частку складають амортизаційні відрахування та обслуговування дороговартісного обладнання, використовуємо метод покриття витрат на обробку. Коефіцієнт накладних витрат приймається рівним  $K_{over} = 1$  відносно вартості машинної обробки. Це означає, що накладні витрати (утримання цеху, адмінперсонал) є співмірними з прямими витратами на експлуатацію виробничої лінії, що є стандартом для розрахунку повної собівартості на нових підприємствах.

Для спрощення та надійності розрахунку використовуємо метод покриття витрат на обробку:

$$C_{overhead} = C_{process} \times K_{over}$$

Для високотехнологічних виробництв  $K_{over}$  приймається рівним 1.0 (тобто накладні витрати дорівнюють витратам на експлуатацію лінії).

$$C_{overhead} = 47\,180 \times 1.0 = 47\,180 \text{ грн}$$

### 3. Повна собівартість тиражу ( $C_{full}$ )

$$C_{full} = C_{mat} + C_{process} + C_{overhead}$$

Підставляємо значення ( $C_{mat} = 719\,504$  грн з попереднього розрахунку):

$$C_{full} = 719\,504 + 47\,180 + 47\,180 = 813\,864 \text{ грн}$$

Собівартість 1 упаковки:

$$S_{unit} = 813\,864 / 200\,000 \approx 4.07 \text{ грн}$$

Загальновиробничі та адміністративні витрати (Накладні витрати)

До цієї групи входять витрати, які неможливо прямо віднести на конкретний тираж:

Орендна плата за виробничі та офісні приміщення.

Комунальні платежі загального призначення (опалення, вода, освітлення цеху).

Зарплата адміністративно-управлінського персоналу (директор, технологи, бухгалтерія, менеджери).

Витрати на маркетинг, логістику та зв'язок.

Розподіл накладних витрат здійснюється пропорційно до обраної бази розподілу (найчастіше — пропорційно до витраченого машинного часу або прямих матеріальних витрат). У даному проекті доцільно використовувати коефіцієнт накладних витрат до вартості машино-години, оскільки саме робота обладнання генерує додану вартість.

### 7.3. Визначення фінансових результатів та ефективності

Фінальним етапом економічного обґрунтування є консолідація даних про капітальні вкладення та операційні витрати для визначення інтегральних показників ефективності проекту. Метою цього розділу є доведення інвестиційної привабливості створеного поліграфічного підприємства та визначення часового горизонту повернення вкладених коштів.

#### Формування фінансового результату (Прибутковість)

Фінансовий результат діяльності визначається як різниця між валовим доходом від реалізації пакувальної продукції та повною собівартістю її виготовлення і збуту. Прогнозування дохідної частини базується на ринкових цінах на послуги офсетного друку та висікання (Cost-plus pricing або Market-based pricing) при плановому коефіцієнті завантаження обладнання на рівні 75–80% (двозмінний режим роботи).

#### Алгоритм розрахунку чистого прибутку ( $P_{net}$ )

Чистий прибуток визначається як різниця між валовим доходом від реалізації продукції та повною собівартістю, з урахуванням податкових відрахувань:

$$P_{net} = (R_{total} - C_{full}) \times (1 - K_{tax})$$

де:

$R_{total}$  — виручка від реалізації тиражу (без ПДВ). Розраховується на основі відпускної ціни.

$C_{full}$  — повна собівартість тиражу (сума матеріальних, виробничих та адміністративних витрат).

$K_{tax}$  — ставка податку на прибуток підприємств. В Україні становить 18% (0,18).

### 1. Визначення відпускної ціни

Ціна формується методом “Cost Plus” із закладанням планової рентабельності Rent - 25%.

$$Price_{unit} = S_{unit} \cdot (1 + Rent)$$

Використовуючи собівартість одиниці  $S_{unit}$ - 4.07 грн:

$$Price_{unit} = 4.07 \times 1,25 \approx 5.09 \text{ грн/шт.}$$

### 2. Розрахунок виручки $R_{total}$

$$R_{total} = Price_{unit} \times N_{prod}$$

$$R_{total} = 5.09 \times 200\,000 = 1\,018\,000 \text{ грн.}$$

### 3. Розрахунок валового прибутку $P_{gross}$ :

$$P_{gross} = R_{total} - C_{full}$$

$$P_{gross} = 1\,018\,000 - 813\,864 = 204\,136 \text{ грн.}$$

### 4. Розрахунок чистого прибутку ( $P_{net}$ )

$$P_{net} = P_{gross} \times (1 - 0,18)$$

$$P_{net} = 204\,136 \times 0,82 = 167\,391 \text{ грн.}$$

Висновок до проекту:

З виконання одного модельного замовлення (200 000 упаковок) підприємство отримує чистий прибуток у розмірі 167 391 грн. Рентабельність продукції становить 25%, що при змінному режимі роботи та повному завантаженні обладнання дозволяє забезпечити термін окупності інвестиційного проекту в межах 3,5-4,5 роки.

Проведені розрахунки свідчать про економічну доцільність створення ділянки з виробництва картонного пакування. Висока продуктивність обраного обладнання забезпечує низьку питому собівартість продукції, що дозволяє конкурувати на ринку та генерувати достатній грошовий потік для покриття

інвестиційних витрат у середньостроковій перспективі. Проект характеризується запасом фінансової міцності (точка беззбитковості знаходиться на рівні 35–40% виробничої потужності), що мінімізує ризики банкрутства при тимчасовому зниженні попиту.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-технічне завдання з проектування високопродуктивної ділянки для виготовлення картонного пакування. На основі системного аналізу ринку та технологічних вимог розроблено комплексне інженерне рішення, яке охоплює повний цикл виробництва: від підготовки матеріалів до фінішної обробки.

Технологічна ефективність комплексу. Визначальним фактором успіху проекту є обґрунтований вибір основного обладнання, що базується на спеціалізації машин для роботи з жорсткими матеріалами. Обрана друкарська машина KBA Rapida 105 у конфігурації з подовженим виводом (ALV2) та системою безнакладної подачі (SIS) вирішує головну проблему друку на картоні — забезпечення стабільного транспортування матеріалу без механічних пошкоджень та відмарювання на високих швидкостях (до 12 000 відб./год). Інтеграція штанцювального преса Bobst Novacut 106 E та фальцювально-склеювальної лінії Bobst Expertfold 110 дозволяє синхронізувати потоки напівфабрикатів, усуваючи ефект "пляшкового горла" на ділянці післядрукарської обробки. Запропонована технологічна схема забезпечує виготовлення продукції, що відповідає жорстким допускам автоматичних пакувальних ліній замовника (точність висікання  $\pm 0,1$  мм, стабільний коефіцієнт тертя лакової плівки).

Якість та стандартизація. Впровадження системи наскрізного контролю якості, що включає спектрофотометричний моніторинг у лінії (QualiTronic ColorControl) та автоматичну детекцію дефектів склеювання, дозволяє мінімізувати вплив людського фактору. Перехід від суб'єктивної оцінки до інструментального контролю за стандартами ISO 12647-2 та специфікаціями брендів (Brand Colors) гарантує ідентичність кольору в межах тиражу, що є критичною вимогою для сегмента FMCG та фармацевтики.

Охорона праці та екологічна безпека. Проектом передбачено комплекс інженерних рішень, спрямованих на нейтралізацію шкідливих виробничих факторів. Система мікроклімату з зональним регулюванням вологості, шумозахисні екрани та віброізоляція фундаментів створюють безпечні умови праці, що відповідають чинним санітарним нормам. Реалізована стратегія поводження з відходами, зокрема гідравлічне пресування макулатури та сегрегація хімічних відходів, трансформує значну частину промислового сміття у вторинний ресурс, знижуючи екологічне навантаження на регіон та забезпечуючи додатковий дохід від реалізації вторсировини.

Економічна доцільність. Розрахунок техніко-економічних показників підтверджує інвестиційну привабливість проекту. Незважаючи на значний обсяг капітальних вкладень, обумовлений високою вартістю обладнання преміум-класу, проект демонструє прийнятний термін окупності в межах 3.5–4.5 років. Це досягається завдяки високій продуктивності лінії та низькій питомій собівартості одиниці продукції при серійному виробництві. Розрахована точка беззбитковості (35–40% завантаження) свідчить про достатній запас фінансової міцності підприємства для роботи в умовах ринкової волатильності.

Таким чином, запроектована виробнича дільниця є збалансованою техно-економічною системою, здатною забезпечити випуск конкурентоспроможної пакувальної продукції з високою доданою вартістю, відповідаючи сучасним вимогам якості, безпеки та стандартам.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO 12647-2:2019. Поліграфія. Контроль процесу виготовлення растрових кольороподілів, пробних і тиражних відбитків. Частина 2. Офсетний літографічний друк. — [Чинний від 2020-01-01]. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2019. — 28 с.
2. ДСТУ 3583:2015. Картон для споживчої тари. Загальні технічні умови. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2015. — 14 с.
4. ТУ У 17.2-2024. Пакування з картонних матеріалів для харчових продуктів. Технічні умови (проект підприємства). Гавва О. В. Пакувальне обладнання : навч. посібник / О. В. Гавва, А. П. Беспалько. — Київ : НУХТ, 2008. — 436 с.
5. Гавва О. В. Обладнання пакувального виробництва : підручник / О. В. Гавва, А. І. Соколенко, В. М. Якименко. — Київ : НУХТ, 2017. — 520 с.
6. Гавва О. В. Проектування технологічних процесів пакувального виробництва : навч. посібник / О. В. Гавва. — Київ : НУХТ, 2019. — 284 с.
7. Кіппхан Г. Енциклопедія друкованих засобів інформації. Технології та способи виробництва / Г. Кіппхан ; пер. з нім. — Київ : Ун-т «Україна», 2012. — 1340 с.
8. Величко О. М. Технологія офсетного друку : навч. посібник / О. М. Величко. — Київ : ВПЦ «Київський університет», 2018. — 245 с.
- Шевчук А. В. Сучасні витратні матеріали в офсетному друці. — Харків : Фактор-Друк, 2019. — 112 с.
10. Koenig & Bauer AG. Rapida 106 X – Technical Documentation & Specifications. — Radebeul, Germany, 2023.
11. Bobst Group SA. Novacut 106 E – Autoplaten® Press. User Guide. — Lausanne, Switzerland, 2022.
12. Bobst Group SA. Expertfold 110 – Folder-gluer Technical Data Sheet. — Lausanne, Switzerland, 2022.

13. Metsa Board. Paperboard Guide: Technical characteristics and conversion. — Espoo, Finland, 2022.

14. Kodak. Sonora X Process Free Plates. Technical Data Sheet. — Rochester : Eastman Kodak Company, 2021.15. Зоренко О. В. Аналіз впливу параметрів мікроклімату на стабільність друку картонного пакування // Технологія і техніка друкарства. — 2023. — № 1(79). — С. 18–24.











Технічні характеристики	
Формат аркуша	740 x 1050
Продуктивність	До 16 000 аркушів/годину
Кількість фарбових секцій	6 друкарських + 1 лакувальна (конфігурація 6+L)
Система контролю	QualiTronic ColorControl
Сушка	Комбінована IR/TL (інфрачервона / гаряче повітря)
Автоматизація	FAPS, Non-stop логістика, SIP3/SIP4
Розміри (Д x Ш x В), мм	19 000 x 4 000 x 2 250

№ документації	№ документації	№ документації	№ документації
№ документації	№ документації	№ документації	№ документації
Н-П ВП-2-5М			
№ документації			
№ документації			
№ документації			





Технічні характеристики	
Формат аркуша	Робоча ширина до 1100 мм
Продуктивність	До 300 м/хв
Функції	Попередній згин, нанесення клею, фальцювання, пресування шва
Система контролю	Fiirreg Ejector, сканери штрих-кодів, датчики нанесення клею
Час переналадування	0,5 год
Матеріали	Картон (до 800 г/м <sup>2</sup> ), мікрофронткартон
Розміри (Д x Ш x В), мм	14 000 x 1 800 x 2 000

Назва моделі	Н П ВП-8-5М
Код моделі	
Рік випуску	
Місце виробництва	
Країна виробництва	
Сторінка	1 з 1