

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

О. О. Палюх

ОСНОВИ РЕЦИКЛІНГУ В ПОЛІГРАФІЇ

Лабораторний практикум

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Технології друкованих і електронних видань»
спеціальності 186 Видавництво і поліграфія

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
2026

УДК 655.3:628.477:658.567

П14

Укладач: Палюх Олександр Олександрович, д-р техн. наук, проф.

Рецензент *Роїк Т. А., д-р. техн. наук, проф.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

Відповідальний
редактор *Штефан Є. В., д-р. техн. наук, проф.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол №8 від 04.06.2026 р.)*

*за поданням вченої ради навчально-наукового видавничо-поліграфічного інституту
(протокол №11 від 25.05.2026 р.)*

Палюх О. О.

П14 **Основи рециклінгу в поліграфії**

Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Технології друкованих і електронних видань» спец. 186 Видавництво і поліграфія / укладач – О. О. Палюх; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 85 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 77 с.

У посібнику розглянуто теоретичні та практичні основи рециклінгу у поліграфічному виробництві з урахуванням сучасних підходів до ресурсозбереження та повторного використання виробничих відходів. Лабораторні роботи охоплюють розрахунок матеріальних втрат, аналіз структури відходів, оцінювання потенціалу рециклінгу, визначення екологічної та економічної ефективності використання вторинної сировини, а також аналіз впливу технологічних процесів і накладу на рівень відходоутворення. Особливу увагу приділено аналізу матеріальних потоків поліграфічного підприємства, оцінюванню придатності відходів до повторного використання та застосуванню принципів циркулярної економіки у поліграфії. Практикум спрямований на закріплення теоретичних знань і формування практичних навичок виконання інженерних та аналітичних розрахунків у сфері рециклінгу поліграфічної продукції.

УДК 655.3:628.477:658.567

Реєстр. № НП 25/26-494 . Обсяг 5,73 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© О. О. Палюх, 2026

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
Лабораторна робота № 1. Розрахунок матеріальних втрат у поліграфічному виробництві.....	6
Лабораторна робота № 2. Аналіз структури відходів поліграфічного підприємства.....	24
Лабораторна робота № 3. Оцінка потенціалу рециклінгу відходів у поліграфії.....	44
Лабораторна робота № 4. Розрахунок екологічного навантаження відходів...	64
Лабораторна робота № 5. Розрахунок впливу накладу на обсяг відходів	79
Лабораторна робота №6. Оцінка ефективності заходів зі зменшення відходів.....	90
Лабораторна робота №7. Комплексна розрахункова оцінка рециклінг-стратегії поліграфічного підприємства.....	105
Лабораторна робота №8. Розрахунок показників екологічної ефективності виробництва.....	113
Лабораторна робота №9. Розрахунок економічної ефективності рециклінгу.....	119

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник «Основи рециклінгу в поліграфії. Лабораторний практикум» спрямований на формування у студентів системного уявлення про особливості утворення, аналізу, сортування, повторного використання та перероблення виробничих відходів у поліграфічній галузі. Посібник орієнтований на поєднання теоретичних положень із практичними розрахунками та аналітичними завданнями, пов'язаними з оцінюванням матеріальних потоків і ресурсоефективності поліграфічного виробництва.

У сучасних умовах розвитку поліграфічного виробництва питання раціонального використання матеріалів, зменшення обсягів відходів та повторного залучення вторинної сировини набувають дедалі більшого значення. Значна частина виробничих витрат у поліграфії пов'язана із використанням паперу, картону, фарб, лаків, клеїв, полімерних матеріалів та допоміжних компонентів. У процесі виготовлення друкованої продукції частина цих матеріалів переходить у виробничі відходи, що потребують відповідного обліку, аналізу та організації подальшого поводження з ними.

Метою посібника є формування у студентів практичних навичок аналізу матеріальних втрат, оцінювання структури виробничих відходів, визначення потенціалу рециклінгу та розрахунку екологічної й економічної ефективності використання вторинної сировини у поліграфічному виробництві. Значна увага приділена вивченню взаємозв'язку між технологічними процесами, матеріаломісткістю продукції та рівнем утворення відходів.

Посібник спрямований на розвиток таких компетентностей:

- аналіз матеріальних потоків і структури відходів поліграфічного виробництва;
- виконання розрахунків матеріальних втрат та показників ресурсоефективності;
- оцінювання придатності виробничих відходів до повторного використання та перероблення;
- визначення потенціалу рециклінгу для різних видів поліграфічної продукції;
- аналіз впливу технологічних параметрів на рівень відходоутворення;
- формування інженерних висновків щодо вдосконалення системи поводження з виробничими відходами.

Структура посібника включає комплекс лабораторних робіт, побудованих за принципом послідовного ускладнення завдань – від розрахунку матеріальних втрат і побудови матеріального балансу до оцінювання екологічної та економічної ефективності рециклінгу. Кожна лабораторна робота містить теоретичні відомості, вихідні дані, розрахункові завдання та

аналітичні етапи, що дозволяють студентам поєднати теоретичні знання з практичними навичками розрахунку та оцінювання виробничих процесів.

Особливістю посібника є орієнтація на аналіз реальних технологічних ситуацій поліграфічного виробництва. Завдання охоплюють питання оцінювання структури відходів, аналізу впливу накладу на рівень матеріальних втрат, визначення придатності відходів до повторного використання, розрахунку економічної ефективності рециклінгу та формування рекомендацій щодо підвищення ефективності використання матеріалів.

Навчальний посібник «Основи рециклінгу в поліграфії» призначений для студентів спеціальностей видавничо-поліграфічного напрямку, викладачів, аспірантів, а також фахівців поліграфічної галузі, діяльність яких пов'язана з питаннями ресурсозбереження, управління виробничими відходами та впровадження технологій рециклінгу.

Лабораторна робота №1

ТЕМА: РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ ВТРАТ У ПОЛІГРАФІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

1. Мета роботи: ознайомитися з методикою розрахунку матеріальних втрат у поліграфічному виробництві, навчитися визначати абсолютні та відносні втрати паперу на різних етапах технологічного процесу, складати матеріальний баланс виробництва, аналізувати структуру відходів та оцінювати вплив технологічних параметрів на ефективність використання матеріалів і можливості їх подальшого рециклінгу.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук;
- калькулятор або програмні засоби для виконання розрахунків;
- таблицний редактор Microsoft Excel або аналогічне програмне забезпечення;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- вихідні технологічні дані поліграфічного процесу;
- довідкові дані щодо параметрів паперу та друкарських аркушів.

У процесі виконання лабораторної роботи використовуються такі матеріали та технологічні параметри:

- папір крейдований;
- формат друкарського аркуша;
- маса паперу;
- параметри накладу продукції;
- нормативи технологічних втрат;
- показники налагоджувальних, друкарських і післядрукарських втрат;
- дані щодо резерву аркушів та схеми розкладки продукції на друкарському аркуші.

Розрахунки виконуються на основі заданих технологічних параметрів із подальшим аналізом абсолютних, відносних і питомих матеріальних втрат у поліграфічному виробництві.

3. Теоретичні відомості

Поліграфічне виробництво належить до галузей із значним використанням матеріальних ресурсів, оскільки вагома частка собівартості друкованої продукції формується за рахунок витрат паперу, картону, фарб, лаків, клеїв, полімерних плівок та інших допоміжних матеріалів. У процесі

виготовлення друкованої продукції частина матеріалів не переходить до складу готового виробу, а витрачається під час технологічного налагодження обладнання, виконання пробних операцій, обробки напівфабрикатів або внаслідок виникнення браку. Такі втрати супроводжують практично всі стадії поліграфічного виробництва – від додрукарської підготовки до післядрукарської обробки та пакування готової продукції.

У сучасних умовах підвищення вимог до ресурсозбереження та екологічної безпеки питання оцінювання матеріальних втрат набуває важливого виробничого та екологічного значення. З позицій рециклінгу матеріальні втрати розглядаються не лише як виробничі витрати, а і як потенційна вторинна сировина, що може бути повторно використана у виробництві або передана на перероблення. Тому визначення кількості, структури та джерел утворення матеріальних втрат дає змогу оцінити ефективність використання матеріалів, встановити напрями зниження відходоутворення та обґрунтувати можливості повторного залучення матеріалів у виробничий цикл.

Матеріальні втрати у поліграфічному виробництві – це частина вихідних матеріалів, яка не входить до складу готової продукції та утворюється внаслідок технологічних, організаційних, експлуатаційних або якісних причин. До таких втрат належать матеріали, що витрачаються під час налагодження технологічного процесу, утворення бракованої продукції, механічної обробки аркушів, різання, фальцювання, брошурування та інших виробничих операцій.

У структурі матеріальних втрат поліграфічного виробництва можна виділити:

- пробні та налагоджувальні відбитки, необхідні для встановлення параметрів друку;
- браковану продукцію, що не відповідає технічним або якісним вимогам;
- обрізки, висічки та залишки паперу чи картону, які утворюються під час механічної обробки;
- залишки фарб, лаків, клеїв та інших матеріалів після завершення виробничого циклу;
- пошкоджені напівфабрикати або готові вироби, що втратили споживчі властивості.

Частина матеріальних втрат має технологічно неминучий характер і обумовлена особливостями функціонування обладнання та вимогами до якості друкованої продукції. Водночас значна частина втрат може бути зменшена шляхом удосконалення організації виробництва, оптимізації технологічних режимів, автоматизації контролю та раціонального використання матеріалів.

Матеріальні втрати виникають на різних етапах поліграфічного виробництва та мають різне походження залежно від характеру технологічних операцій.

У додрукарських процесах втрати можуть бути пов'язані з помилками підготовки електронних макетів, виготовленням пробних форм, тестових відбитків та переналаштуванням обладнання. Недостатня точність підготовки оригінал-макетів або некоректне налаштування параметрів виведення може призводити до повторного виготовлення друкарських форм і додаткових витрат матеріалів.

Під час друкарського процесу основними джерелами втрат є налагодження друкарської машини, встановлення необхідної суміщеності фарб, стабілізація подачі фарби та зволожувального розчину, а також відхилення параметрів друку від встановлених норм. У процесі друку частина аркушів використовується для досягнення стабільної якості відбитка, тому утворення певної кількості технологічних відходів є характерною особливістю друкарського виробництва.

У післядрукарських процесах матеріальні втрати виникають під час різання, фальцювання, комплектування, скріплення та оздоблення продукції. До них належать обрізки паперу і картону, втрати при висіканні, пошкодження аркушів під час транспортування між операціями, а також дефекти, що виникають у процесі механічної обробки.

На етапах пакування та зберігання втрати можуть бути спричинені деформацією продукції, механічними пошкодженнями, впливом вологості або температурних коливань. Окрему групу становлять втрати пакувальних матеріалів, які утворюються при формуванні транспортних упаковок.

Аналіз джерел утворення матеріальних втрат дозволяє визначити виробничі операції, на яких спостерігається найбільше використання матеріалів без переходу їх у готову продукцію, а також розробити заходи щодо підвищення ефективності виробництва.

Для оцінювання ефективності використання матеріалів у поліграфічному виробництві застосовують абсолютні та відносні показники матеріальних втрат.

Абсолютні втрати визначаються як різниця між кількістю матеріалу, поданого у виробництво, та кількістю матеріалу, що увійшов до складу готової продукції. Такі втрати виражаються у масових, площинних або кількісних одиницях – кілограмах, аркушах, квадратних метрах тощо. Абсолютні показники дозволяють оцінити фактичний обсяг використаних матеріалів та

визначити сумарну кількість відходів, що утворюються під час виготовлення тиражу.

Відносні показники характеризують частку матеріальних втрат у загальному обсязі використаного матеріалу та визначаються у відсотках. Вони дають змогу порівнювати ефективність різних технологічних процесів, друкарських машин або способів виготовлення продукції незалежно від масштабу виробництва. Відносні показники також застосовуються для аналізу динаміки втрат у часі та оцінювання результатів впровадження ресурсозберігальних заходів.

Комплексне використання абсолютних і відносних показників забезпечує більш повне уявлення про рівень матеріаломісткості виробництва та дозволяє здійснювати техніко-економічний аналіз ефективності використання сировини.

Матеріальний баланс є одним із методів оцінювання ефективності використання матеріалів у поліграфічному виробництві. Його сутність полягає у співставленні обсягу матеріалів, що надходять у виробничий процес, з кількістю готової продукції та відходів, які утворюються під час виробництва.

У загальному вигляді матеріальний баланс включає:

- вхідні матеріальні потоки;
- кількість матеріалів, використаних у готовій продукції;
- обсяг виробничих відходів;
- залишки матеріалів після завершення виробничого циклу.

Для паперових і картонних матеріалів матеріальний баланс дозволяє визначити частку матеріалу, що:

- увійшла до складу готового виробу;
- перетворилася на відходи, придатні до повторного використання або перероблення;
- була втрачена без можливості подальшого використання.

Побудова матеріального балансу дає можливість оцінити ефективність використання ресурсів, встановити співвідношення між корисним використанням матеріалів і відходоутворенням, а також визначити напрями вдосконалення технологічних процесів.

5. Значення розрахунку матеріальних втрат для рециклінгу

Розрахунок матеріальних втрат є необхідною складовою оцінювання екологічних та виробничих характеристик поліграфічного підприємства. Визначення кількості та структури відходів дозволяє встановити потенціал вторинної сировини, придатної для повторного використання або перероблення.

Отримані результати використовуються при:

- оцінюванні ефективності використання матеріальних ресурсів;
- визначенні обсягів вторинної сировини;
- плануванні заходів зі зменшення відходоутворення;
- обґрунтуванні доцільності впровадження технологій рециклінгу;
- аналізі екологічних показників діяльності підприємства.

Кількісна оцінка матеріальних втрат також дозволяє здійснювати порівняльний аналіз різних технологічних схем виробництва, визначати економічну доцільність використання окремих матеріалів та оцінювати ефективність впровадження ресурсозберігальних рішень.

Отримані дані можуть бути використані у подальших лабораторних роботах та практичних розрахунках для визначення структури виробничих відходів, оцінювання рециклінг-потенціалу та аналізу екологічної ефективності поліграфічного виробництва.

ЗАВДАННЯ

БЛОК 1

Завдання 1. Розрахунок абсолютних матеріальних втрат паперу

На основі заданого накладу та технологічних втрат виконати розрахунок абсолютних втрат паперу у поліграфічному виробництві.

У процесі розрахунку необхідно:

- визначити загальну кількість паперу, поданого у виробництво;
- розрахувати масу паперу, що увійшла до складу готової продукції;
- визначити абсолютну масу паперових відходів.

Очікуваний результат: числові значення матеріальних втрат та короткий аналіз причин їх утворення.

Завдання 2. Визначення відносних втрат матеріалів за етапами виробництва

Виконати розрахунок відносних матеріальних втрат (%) на основних етапах поліграфічного процесу.

У межах завдання необхідно:

- визначити частку втрат на додрукарському, друкарському та післядрукарському етапах;
- порівняти внесок кожного етапу у загальні втрати;
- виявити найбільш критичний етап з точки зору матеріалоємності.

Очікуваний результат: таблиця відносних втрат за етапами та аналітичний висновок.

Завдання 3. Побудова матеріального балансу поліграфічного процесу

Скласти матеріальний баланс поліграфічного процесу на основі отриманих даних.

Матеріальний баланс повинен включати:

- вхідні матеріальні потоки;
- готову продукцію;
- втрати та відходи.

Очікуваний результат: збалансована таблиця матеріального балансу з перевіркою коректності розрахунків.

Завдання 4. Аналіз впливу зміни технологічних параметрів на втрати

Провести розрахунковий аналіз, як зміна одного з технологічних параметрів (зменшення браку, скорочення налагоджувальних втрат або оптимізація різання) впливає на загальний рівень матеріальних втрат.

У межах завдання необхідно:

- порівняти базовий та оптимізований варіанти;
- розрахувати зміну абсолютних і відносних втрат;
- оцінити ефективність запропонованої оптимізації.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця та аргументований висновок.

Завдання 5. Оцінка потенціалу зменшення матеріальних втрат

На основі виконаних розрахунків визначити потенціал зменшення матеріальних втрат у досліджуваному поліграфічному процесі.

У межах завдання необхідно:

- визначити максимально можливе скорочення втрат без зміни обладнання;
- оцінити відносне зниження втрат у відсотках;
- сформулювати висновки щодо доцільності оптимізації процесу.

Очікуваний результат: узагальнюючий розрахунок та аналітичний висновок.

ВИХІДНІ ДАНІ (БЛОК 1)

Загальні умови (спільні для всіх 5 завдань)

Виріб: рекламна брошура А4 (210×297 мм), 16 стор., CMYK (4+4)

Тираж придатної продукції: (N = 2,000) прим.

Аркуш для друку: SRA3 = 320×450 мм

Розкладка: (k = 2) брошури А4 на 1 аркуші SRA3 (тобто 1 аркуш = 2 готових примірники)

Правило округлення: кількість аркушів округлювати у більший бік до цілого.

Папір: крейдований, граматура (g = 130 г/м²)

Площа аркуша SRA3:

$$A_s = 0,320 \times 0,450 = 0,144 \text{ м}^2$$

$$\text{Маса 1 аркуша SRA3: } m_s = g \times A_s = 130 \times 0,144 = 18,72 \text{ г} = 0,01872 \text{ кг}$$

Вихідні дані до Завдання 1

Розрахунок абсолютних матеріальних втрат паперу

1. Кількість придатних примірників: (N = 2000) шт
2. Кількість виробів на аркуші: (k = 2)
3. Резерв на комплектування/заміну: N_{res} = 70) арк
4. Налагодження друку (пробні аркуші): N_{set} = 160) арк
5. Тиражний брак друку: p_{br} = 2,0% (від планової кількості тиражних аркушів)

6. Післядрукарські втрати (фальцювання+обрізка): $p_{\text{post}} = 3,5\%$ (від планової кількості тиражних аркушів)

Примітка: необхідно обчислити загальну подачу аркушів у виробництво, абсолютні втрати в аркушах і кг.

Вихідні дані до Завдання 2

Визначення відносних втрат (%) за етапами виробництва

Для того самого тиражу задано структуру втрат за етапами:

Етап 1 – налагодження (make-ready):

- $N_{\text{set}} = 160$ арк

Етап 2 – брак у друці (під час тиражного друку):

- $p_{\text{br}} = 2,0\%$

Етап 3 – післядрукарська обробка (фальцювання+обрізка):

- $p_{\text{post}} = 3,5\%$

Додатково для аналізу:

– втрати від розкрою/обрізування вважаються такими, що входять у p_{post} і окремо не виділяються;

– резерв N_{res} у відсоткове порівняння включається як технологічна потреба (студент має це пояснити).

Вихідні дані до Завдання 3

Побудова матеріального балансу поліграфічного процесу

Для складання балансу вводиться поділ вихідних потоків на 4 категорії:

1. Готова продукція: аркуші, що відповідають придатному тиражу
2. Технологічні відходи налагодження: N_{set}
3. Відходи браку друку: N_{br}
4. Відходи післядрукарські: N_{post}
5. Резерв: N_{res} (за методикою лабораторної віднести до «умовно корисного запасу», який або стає відходом, або використовується – необхідно запропонувати трактування)

Умова для контролю: матеріальний баланс має бути складений у двох одиницях: в аркушах; у кг.

Вихідні дані до Завдання 4

Аналіз впливу зміни параметрів на втрати (2 сценарії)

Потрібно порівняти базовий і оптимізований варіант для однакового тиражу.

Сценарій А (базовий)

- $N_{\text{set}} = 160$ арк
- $p_{\text{br}} = 2,0\%$
- $p_{\text{post}} = 3,5\%$
- $N_{\text{res}} = 70$ арк

Сценарій В (оптимізований, без купівлі нового обладнання)

- $N_{\text{set}} = 110$ арк (зменшення за рахунок стандартизації налаштувань)
- $p_{\text{br}} = 1,2\%$ (зменшення завдяки контролю стабільності друку)
- $p_{\text{post}} = 2,8\%$ (зменшення за рахунок корекції розкладки та контролю різання)
- $N_{\text{res}} = 70$ арк (не змінюється)

Потрібно: обчислити й порівняти N_{in} , N_{loss} , M_{loss} , P_{loss} для А та В.

Вихідні дані до Завдання 5

Оцінка потенціалу зменшення матеріальних втрат (межі оптимізації)

Задано цільові досяжні межі (без інвестицій у обладнання). Необхідно обрати 2 із 3 заходів та порахувати сумарний ефект.

Діапазони реалістичного покращення:

1. Налагодження: N_{set} можна знизити до 90–120 арк
2. Брак друку: p_{br} можна знизити до 1,0–1,5%
3. Післядрукарські втрати: p_{post} можна знизити до 2,5–3,0%

Обмеження:

- $N_{res} = 70$) арк – фіксовано (не змінювати);
- формат аркуша та розкладка ($k = 2$) – фіксовано;
- мінімально допустимий рівень сумарних втрат має бути не нижчим 10%.

Очікуваний результат:

- розрахунок мінімально досяжних втрат у аркушах, кг, %;
- короткий висновок, які заходи дають найбільший ефект.

БЛОК 2

Завдання 6. Розрахунок питомих матеріальних втрат

На основі попередніх розрахунків визначити питомі матеріальні втрати паперу, віднесені до одиниці готової продукції.

Необхідно:

- визначити питомі втрати в аркушах на 1 примірник;
- визначити питомі втрати в кг на 1 примірник;
- порівняти отримані значення з загальними відносними втратами.

Очікуваний результат: числові значення питомих втрат та аналітичний висновок щодо матеріалоємності виробу.

Завдання 7. Розрахунок впливу зміни тиражу на абсолютні втрати

Виконати перерахунок матеріальних втрат для **альтернативного тиражу** при незмінних технологічних параметрах.

Умова:

- базовий тираж: ($N = 2000$) прим.;
- альтернативний тираж: ($N' = 5000$) прим.;
- всі відсоткові втрати та нормативи залишаються без змін.

Необхідно:

- порівняти абсолютні втрати (арк., кг);
- порівняти відносні втрати (%);
- пояснити зміну результатів.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця та обґрунтовані висновки.

Завдання 8. Розрахунок втрат за альтернативною схемою розкладки

Проаналізувати вплив зміни розкладки виробу на аркуші на рівень матеріальних втрат.

Умова:

- базовий варіант: ($k = 2$) вироби/аркуш;
- альтернативний варіант: ($k = 1$) виріб/аркуш (без зміни формату аркуша).

Необхідно:

- перерахувати всі основні показники;
- визначити зміну абсолютних і відносних втрат;
- зробити висновок щодо доцільності альтернативної розкладки.

Очікуваний результат: розрахункове порівняння двох варіантів із поясненням причин відмінностей.

Завдання 9. Розрахунок структури матеріальних втрат за масою

На основі виконаних розрахунків визначити структуру матеріальних втрат за масою, віднісши втрати до окремих етапів виробництва.

Необхідно:

- визначити масу втрат на етапі налагодження;
- визначити масу втрат від браку друку;
- визначити масу післядрукарських втрат;
- побудувати відсоткову структуру втрат за масою.

Очікуваний результат: таблиця структури втрат (кг, %) та аналітичний висновок.

Завдання 10. Розрахунок гранично допустимого рівня втрат

Визначити гранично допустимий рівень матеріальних втрат для даного виробу за умови, що:

- мінімально технологічно неминучі втрати становлять не менше 10%;
- фактичні розраховані втрати не повинні перевищувати 25%.

Необхідно:

- порівняти фактичний рівень втрат з допустимим діапазоном;
- оцінити, чи є виробництво ефективним з точки зору матеріальних витрат;
- сформулювати інженерний висновок.

Очікуваний результат: числове порівняння та узагальнений висновок щодо технологічної доцільності процесу.

ВИХІДНІ ДАНІ (БЛОК 2)

Загальні дані (спільні для 6–10)

- Тираж придатної продукції (базовий): ($N = 2000$) прим.
- Формат аркуша: $SRA3 = 320 \times 450$ мм
- Маса паперу: $g = 130$ г/м²
- Площа аркуша: $A_s = 0,144$ м²
- Маса 1 аркуша: $m_s = 0,01872$ кг
- Базова розкладка: $k = 2$ вир./арк.

Нормативи для базового варіанта (використати як “відправну точку”):

- Резерв: $N_{res} = 70$ арк
- Налаштування: $N_{set} = 160$ арк
- Брак друку: $p_{br} = 2,0\%$
- Післядрукарські втрати: $p_{post} = 35\%$

Вихідні дані до Завдання 6

Розрахунок питомих матеріальних втрат

- N_{loss} – загальні втрати в аркушах (з базового варіанта);
- M_{loss} – загальні втрати в кг (з базового варіанта).

Додатково задано:

- одиниця нормування: 1 придатний примірник продукції;
- також потрібно подати питомі втрати на 1000 примірників.

Потрібно визначити:

- $n_{\text{loss}} = N_{\text{loss}}/N$ арк/прим,
- $m_{\text{loss}} = M_{\text{loss}}/N$ кг/прим,
- $n_{\text{loss},1000} = N_{\text{loss}}/(N/1000)$ арк/1000 прим,
- $m_{\text{loss},1000} = M_{\text{loss}}/(N/1000)$ кг/1000 прим.

Вихідні дані до Завдання 7

Вплив зміни тиражу на абсолютні та відносні втрати

Задано 3 варіанти тиражу при незмінних технологічних параметрах (котрі залишаються як у базовому варіанті):

- Варіант 1: $N_1 = 500$ прим.
- Варіант 2: $N_2 = 2000$ прим. (базовий)
- Варіант 3: $N_3 = 5000$ прим.

Пояснення, що змінюється/не змінюється:

- $N_{\text{set}} = 160$ арк – стала величина для кожного накладу (налагодження виконують один раз).
- $N_{\text{res}} = 70$ арк – стала величина (технологічний резерв).
- $p_{\text{br}} = 2,0\%$, $p_{\text{post}} = 3,5\%$ – сталі відсотки.

Мета завдання: порівняти, як при малому накладі зростає частка втрат через фіксоване N_{set} і N_{res} .

Вихідні дані до Завдання 8

Альтернативна схема розкладки ($k=2 \rightarrow k=1$) без зміни аркуша

Потрібно порівняти 2 варіанти розкладки для одного й того ж виробу та накладу ($N = 2000$):

Варіант А (базовий)

- $k_A = 2$ вир./арк
- $N_{\text{set}A} = 160$ арк
- $N_{\text{res}A} = 70$ арк
- $p_{\text{br}A} = 2,0\%$
- $p_{\text{post}A} = 3,5\%$

Варіант В (альтернативний)

- $k_B = 1$ вир./арк

Для альтернативи задано коригування технологічних втрат (бо інша розкладка зазвичай ускладнює процес):

- $N_{\text{set}B} = 190$ арк (більше налагодження)
- $N_{\text{res}B} = 90$ арк (більший резерв)

- $p_{brB} = 2,5\%$ (вищий брак)
- $p_{postB} = 3,8\%$ (трохи більші післядрукарські)

Умова: формат аркуша та маса не змінюються (тобто m_s) той самий).

Вихідні дані до Завдання 9

Структура матеріальних втрат за масою (кг і %)

Для структурування втрат за масою студент використовує:

- N_{set} , N_{br} , N_{post} – у аркушах (з базового варіанта);
- масу 1 аркуша $m_s = 0,01872$ кг.

Додатково вводиться уточнення:

– Резерв N_{res} в структурі втрат не включати (вважати “умовно корисним запасом”), але в кінці окремо порахувати його масу як потенційний “ризик перетворення на відходи”.

Тобто необхідно порахувати:

- $M_{set} = N_{set} \times m_s$
- $M_{br} = N_{br} \times m_s$
- $M_{post} = N_{post} \times m_s$
- $M_{res} = N_{res} \times m_s$ (окремим рядком)
- частки за масою: $\frac{M_{set}}{M_{set} + M_{br} + M_{post}}$

Вихідні дані до Завдання 10

Перевірка гранично допустимого рівня втрат (10-25%)

Задано нормативний діапазон:

- мінімально технологічно неминучі втрати: $P_{min} = 10\%$
- гранично допустимі втрати: $P_{max} = 25\%$

Для оцінки даються три контрольні “підприємства/сценарії” (для одного виробу) – необхідно визначити, чи потрапляє кожен у допустимий інтервал:

Сценарій	N_{set} , арк	p_{br} , %	p_{post} , %	N_{res} арк
X (кращий)	110	1,2	2,8	70
Y (середній)	160	2,0	3,5	70
Z (гірший)	240	3,5	4,5	90

Умова: ($N = 2000$), ($k=2$), (m_s) як у загальних даних.

Потрібно: для X, Y, Z розрахувати P_{loss} та зробити висновок:

- “в межах норми” / “надлишкові втрати” / “підозріло низькі (некоректні)”.

БЛОК 3

Завдання 11. Порівняльний аналіз структури матеріальних втрат

На основі виконаних розрахунків у Завданнях 1-5 і 9:

– побудувати порівняльну таблицю структури матеріальних втрат за етапами виробництва;

- визначити домінуючі джерела відходів;
- оцінити, які етапи мають найбільший потенціал для оптимізації.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця (арк., кг, %) та аналітичний висновок щодо пріоритетів зменшення відходів.

Вихідні дані до Завдання 11

Для аналізу використовуються результати базового варіанта:

- $N_{\text{set}} = 160$ арк
- $p_{\text{br}} = 2,0 \%$
- $p_{\text{post}} = 3,5 \%$
- $N_{\text{res}} = 70$ арк
- $m_s = 0,01872$ кг

Додатково задано:

- структура втрат подається у відсотках від загальної маси втрат;
- резерв N_{res} у структурний аналіз не включати.

Завдання 12. Оцінка впливу технологічних параметрів на загальний рівень відходів

Проаналізувати чутливість загального рівня матеріальних втрат до зміни окремих технологічних параметрів:

- налагодження (N_{set});
- брак друку (p_{br});
- післядрукарські втрати (p_{post}).

Необхідно:

- змінювати лише один параметр за раз;
- оцінити зміну абсолютних і відносних втрат;
- визначити параметр з найбільшим впливом.

Очікуваний результат: таблиця сценаріїв та висновок щодо критичних параметрів процесу.

Вихідні дані до Завдання 12

Базові значення (як у Завданні 1):

- $N_{\text{set}} = 160$ арк
- $p_{\text{br}} = 2,0 \%$
- $p_{\text{post}} = 3,5 \%$
- $N_{\text{res}} = 70$ арк

Сценарії аналізу:

- Варіант А: $N_{\text{set}} = 120$ арк (інші параметри без змін);
- Варіант В: $p_{\text{br}} = 1,5 \%$;
- Варіант С: $p_{\text{post}} = 3,0 \%$.

Умова: $N = 2000$, $k = 2$, m_s – без змін.

Завдання 13. Аналіз доцільності оптимізаційних заходів

На основі Завдань 4-5 та 12:

- порівняти ефект від різних заходів оптимізації;
- оцінити їх реалістичність без інвестицій у обладнання;
- визначити оптимальну комбінацію заходів.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця + короткий інженерний висновок про найбільш ефективні дії.

Вихідні дані до Завдання 13

Для порівняння використати такі заходи:

Захід	Зміна параметра
Стандартизація налагодження	$N_{\text{set}} = 110$ арк
Стабілізація друку	$p_{\text{br}} = 1,2 \%$
Оптимізація різання	$p_{\text{post}} = 2,8 \%$

Умова:

- застосовувати поодинокі та у комбінації з двох заходів;
- $N_{\text{res}} = 70$ арк – фіксовано.

Завдання 14. Оцінка матеріалоемності виробу

На основі питомих втрат (Завдання 6):

- визначити загальну матеріалоемність виробу;
- оцінити частку втрат у загальній масі паперу;
- порівняти фактичну матеріалоемність із умовно “ідеальним” варіантом (без втрат).

Очікуваний результат: числове порівняння та інженерний висновок щодо раціональності матеріального використання.

Вихідні дані до Завдання 14

Для аналізу:

- маса 1 примірника без втрат – розраховується студентом;
- фактичні питомі втрати – з Завдання 6;
- “ідеальний” варіант: втрати = 0 % (для порівняння).

Завдання 15. Узагальнююча оцінка екологічної ефективності виробництва

На основі всіх попередніх завдань (1-14):

- оцінити рівень матеріальних втрат з позиції рециклінгу;
- визначити, яка частка відходів потенційно придатна до повторного використання;
- сформулювати узагальнений висновок щодо екологічної ефективності процесу.

Очікуваний результат: структурований підсумковий висновок (5-7 речень) у стилі інженерно-екологічної оцінки.

Вихідні дані до Завдання 15

Умовні припущення:

- 100 % паперових відходів придатні до вторинної переробки;
- реальне повернення у рециклінг – 70-80 %;
- решта втрачається через забруднення або організаційні причини.

Завдання 16. Аналіз впливу масштабу виробництва на рівень відходів

Проаналізувати, як зміна масштабу виробництва (накладу) впливає на:

- абсолютну кількість матеріальних відходів;
- відносний рівень відходів (%);
- ефективність використання матеріалів у виробничому процесі.

У межах завдання необхідно:

- порівняти результати для малого, середнього та великого накладів;
- визначити, як змінюється частка технологічних втрат у загальному обсязі матеріалу;
- зробити висновок щодо доцільності укрупнення накладів з позиції рециклінгу.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця та узагальнений аналітичний висновок (4-6 речень).

Вихідні дані до Завдання 16

Базові параметри (відповідають попереднім завданням):

- $N_{\text{set}} = 160$ арк
- $p_{\text{br}} = 2,0 \%$
- $p_{\text{post}} = 3,5 \%$
- $N_{\text{res}} = 70$ арк
- $k = 2$
- $m_s = 0,01872$ кг

Варіанти накладу для аналізу:

- Варіант А (малий наклад): $N = 500$ примірників
- Варіант В (середній наклад): $N = 2\,000$ примірників
- Варіант С (великий наклад): $N = 5\,000$ примірників

Умова:

- параметри N_{set} , p_{br} , p_{post} , N_{res} вважати незмінними для всіх варіантів;
- порівняння виконувати за абсолютними (арк., кг) та відносними (%) показниками.

Завдання 17. Аналіз ефективності використання паперу у виробничому процесі

- розрахувати загальну кількість паперу, поданого у виробництво;
- визначити кількість паперу, що увійшла до складу готової продукції;
- визначити загальну масу матеріальних втрат;
- розрахувати коефіцієнт корисного використання паперу;
- визначити частку паперу, що перейшла у готову продукцію (%);
- визначити частку паперу, що перетворилась на відходи (%).

Додатково:

- порівняти фактичний коефіцієнт використання паперу з умовним значенням 100 %;
- зробити висновок щодо ефективності використання паперових матеріалів.

Очікуваний результат: розрахункова таблиця та висновок обсягом 4–5 речень.

Вихідні дані до Завдання 17

- $N = 1800$ примірників
- $N_{\text{set}} = 140$ арк
- $p_{\text{br}} = 1,8 \%$
- $p_{\text{post}} = 3,0 \%$
- $N_{\text{res}} = 60$ арк
- $k = 2$
- $m_s = 0,01750$ кг

Завдання 18. Розрахунок потенційного обсягу вторинної сировини

- визначити загальну масу паперових відходів;
- розрахувати масу відходів, придатних до повторного використання;
- визначити масу відходів, що не підлягає повторному використанню;
- визначити частку вторинної сировини у загальному обсязі відходів (%);

- оцінити можливий обсяг повернення матеріалу у виробничий цикл.

Розрахунки виконати для двох умов:

- рівень повернення у рециклінг – 70 %;
- рівень повернення у рециклінг – 85 %.

Додатково:

- порівняти отримані результати;
- визначити вплив рівня сортування на обсяг безповоротних втрат.

Очікуваний результат: таблиця розрахунків (кг, %) та висновок обсягом 4–6 речень.

Вихідні дані до Завдання 18

- $N = 2400$ примірників
- $N_{\text{set}} = 170$ арк
- $p_{\text{br}} = 2,2 \%$
- $p_{\text{post}} = 3,8 \%$
- $N_{\text{res}} = 80$ арк
- $k = 2$
- $m_s = 0,01920$ кг

Завдання 19. Порівняння матеріальних втрат для різних типів продукції

- виконати розрахунок матеріальних втрат для: книжкової продукції; урнальної продукції; пакувальної продукції;

- визначити абсолютні втрати (арк., кг);
- визначити відносні втрати (%);
- порівняти рівень матеріалоємності для кожного виду продукції;
- встановити вид продукції з найбільшим рівнем матеріальних втрат.

Додатково:

- пояснити вплив технологічних особливостей на рівень відходів;
- визначити етап виробництва з найбільшими втратами матеріалу.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця та висновок обсягом 5–7 речень.

Вихідні дані до Завдання 19

Вид продукції	N_{set}	p_{br}	p_{post}
Книжкова продукція	150 арк	1,9 %	3,2 %
Журнальна продукція	180 арк	2,5 %	4,1 %
Пакувальна продукція	240 арк	3,4 %	5,6 %

Спільні параметри:

- $N = 3200$ примірників
- $N_{\text{res}} = 90$ арк
- $k = 2$
- $m_s = 0,02150$ кг

Завдання 20. Інженерна оцінка напрямів зменшення матеріальних втрат

- визначити загальний рівень матеріальних втрат;

- встановити виробничу операцію з найбільшими втратами;
- оцінити вплив: зменшення налагоджувальних відбитків; зниження рівня браку; оптимізації різання; покращення сортування відходів;
- розрахувати можливе зменшення загальної маси відходів при:
 - зменшенні N_{set} на 15 %;
 - зменшенні p_{br} на 20 %;
 - зменшенні p_{post} на 10 %;
- визначити захід, що забезпечує найбільше зменшення відходів.

Додатково:

– сформулювати рекомендації щодо підвищення ефективності використання матеріалів;

– визначити заходи, які можуть бути реалізовані без модернізації обладнання.

Очікуваний результат: розрахункова таблиця, порівняння ефективності заходів та висновок обсягом 6–8 речень.

Вихідні дані до Завдання 20

- $N = 4500$ примірників
- $N_{set} = 210$ арк
- $p_{br} = 3,0$ %
- $p_{post} = 4,8$ %
- $N_{res} = 100$ арк
- $k = 2$
- $m_s = 0,02400$ кг

ОРІЄНТОВНІ ЕТАПНІ ФОРМУЛИ

1. Кількість тиражних аркушів, що входять до готової продукції

$$N_{good} = \frac{N}{k}$$

де:

N_{good} – кількість аркушів, що відповідають готовій придатній продукції, арк;

N – кількість готових придатних примірників продукції, шт;

k – кількість готових примірників, розміщених на одному друкарському аркуші, шт/арк.

2. Планова кількість аркушів з урахуванням резерву

$$N_{plan} = N_{good} + N_{res}$$

де:

N_{plan} – планова кількість тиражних аркушів, що мають бути надруковані, арк;

N_{res} – технологічний резерв аркушів на комплектування та заміну, арк.

3. Кількість аркушів, що втрачаються внаслідок браку друку

$$N_{br} = \left[\frac{p_{br}}{100} \cdot N_{plan} \right]$$

де:

N_{br} – кількість аркушів, втрачена внаслідок браку друку, арк;

P_{br} – відсоток браку під час тиражного друку, %;

N_{plan} – планова кількість тиражних аркушів, арк;

$\lceil \quad \rceil$ – операція округлення результату у більший бік до цілого значення.

4. Кількість аркушів, втрачених на післядрукарській обробці

$$N_{post} = \left\lceil \frac{P_{post}}{100} \cdot N_{plan} \right\rceil$$

де:

N_{post} – кількість аркушів, втрачена на етапі післядрукарської обробки (фальцювання, обрізування), арк;

P_{post} – відсоток післядрукарських втрат, %;

N_{plan} – планова кількість тиражних аркушів, арк.

5. Загальна кількість аркушів, поданих у виробництво

$$N_{in} = N_{plan} + N_{br} + N_{post} + N_{set}$$

де:

N_{in} – загальна кількість друкарських аркушів, поданих у виробництво, арк;

N_{set} – кількість аркушів, витрачених на налагодження друкарського процесу (make-ready), арк.

6. Абсолютні матеріальні втрати в аркушах

$$N_{loss} = N_{in} - N_{good}$$

де:

N_{loss} – абсолютні матеріальні втрати паперу, арк.

7. Маса одного друкарського аркуша

$$m_s = g \cdot A_s$$

де:

m_s – маса одного друкарського аркуша, кг;

g – маса паперу, г/м²;

A_s – площа друкарського аркуша, м².

8. Маса паперу, поданого у виробництво

$$M_{in} = N_{in} \cdot m_s$$

де:

M_{in} – маса паперу, поданого у виробництво, кг.

9. Маса паперу в готовій продукції

$$M_{prod} = N_{good} \cdot m_s$$

де:

M_{prod} – маса паперу, що увійшла до складу готової продукції, кг.

10. Маса матеріальних втрат

$$M_{loss} = M_{in} - M_{prod}$$

де:

M_{loss} – маса матеріальних втрат паперу, кг.

11. Загальні відносні матеріальні втрати

$$P_{loss} = \frac{N_{loss}}{N_{in}} \cdot 100\%$$

де:

P_{loss} – загальні відносні матеріальні втрати, %.

12. Частка втрат за окремими етапами виробництва

$$P_{set} = \frac{N_{set}}{N_{loss}} \cdot 100\%, \quad P_{br} = \frac{N_{br}}{N_{loss}} \cdot 100\%, \quad P_{post} = \frac{N_{post}}{N_{loss}} \cdot 100\%$$

де:

P_{set} – частка втрат, пов'язаних з налагодженням друку, %;

P_{br} – частка втрат унаслідок браку друку, %;

P_{post} – частка післядрукарських втрат, %.

Розрахунки виконуються з округленням кількості аркушів у більший бік до цілого значення. Усі висновки мають супроводжуватись поясненням причин утворення втрат та можливостей їх зменшення.

Лабораторна робота №2

ТЕМА: АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ВІДХОДІВ ПОЛІГРАФІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1. Мета роботи: набуття практичних навичок аналізу структури відходів поліграфічного підприємства, ідентифікації потоків відходів за матеріальними та технологічними ознаками, оцінювання їх придатності до повторного використання та рециклінгу, а також формування обґрунтованих висновків щодо вдосконалення системи поводження з виробничими відходами і підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук;
- калькулятор або програмні засоби для аналітичних розрахунків;
- табличний редактор Microsoft Excel або аналогічне програмне забезпечення;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- аналітичні вихідні дані щодо структури відходів поліграфічного підприємства;
- довідкові матеріали з класифікації та поводження з виробничими відходами.

У процесі виконання лабораторної роботи аналізуються такі групи матеріалів і відходів:

- паперові та картонні матеріали;
- полімерні плівки та пакувальні матеріали;
- друкарські фарби, лаки та клеї;
- допоміжні матеріали для очищення обладнання;
- комбіновані та змішані відходи поліграфічного виробництва.

Дослідження виконуються на основі аналізу технологічних процесів, структури матеріальних потоків та особливостей утворення відходів на різних етапах поліграфічного виробництва.

3. Теоретичні відомості

Поліграфічне виробництво у процесі виготовлення друкованої продукції супроводжується утворенням різних видів виробничих відходів, що виникають на всіх технологічних етапах – від додрукарської підготовки до післядрукарської обробки та пакування готової продукції. Обсяг і структура таких відходів залежать від типу продукції, технології друку, застосовуваних

матеріалів, рівня автоматизації виробництва та організації технологічних процесів.

У сучасних умовах розвитку ресурсозберігальних технологій та впровадження принципів циркулярного використання матеріалів виробничі відходи поліграфії розглядаються не лише як втрати матеріальних ресурсів, а і як потенційна вторинна сировина для повторного використання або перероблення. У зв'язку з цим визначення структури відходів, їх кількісна оцінка та аналіз джерел утворення є необхідною складовою оцінювання ефективності використання матеріалів і формування системи рециклінгу на поліграфічному підприємстві.

Відходи поліграфічного виробництва – це матеріальні залишки, що утворюються в процесі виготовлення друкованої продукції та не входять до складу готового виробу або втрачають можливість подальшого використання за первинним призначенням.

За характером утворення відходи поліграфічного виробництва поділяють на декілька основних груп.

Технологічні відходи виникають безпосередньо під час виконання виробничих операцій. До них належать обрізки паперу та картону, пробні відбитки, браковані аркуші, висічки, залишки фарб і лаків, а також матеріали, що утворюються під час налагодження обладнання.

Експлуатаційні відходи пов'язані з технічним обслуговуванням обладнання та функціонуванням виробничої інфраструктури. До цієї групи належать використані мастильні матеріали, забруднені серветки, фільтри, ганчір'я та інші допоміжні матеріали.

Пакувальні відходи утворюються при транспортуванні, зберіганні та пакуванні матеріалів і готової продукції. Вони можуть включати картонну тару, полімерні плівки, стрічки, захисні прокладки та інші пакувальні елементи.

За матеріальним складом відходи поліграфії поділяють на: паперові та картонні; полімерні; металеві; хімічні; комбіновані.

Кожна група відходів характеризується різними умовами збирання, сортування, зберігання та можливостями подальшого використання або перероблення.

Найбільшу частку у структурі відходів поліграфічного виробництва зазвичай становлять паперові та картонні матеріали. Їх утворення пов'язане з технологічними особливостями друку, різання, фальцювання, висікання та комплектування друкованої продукції.

До основних видів паперових відходів належать:

– обрізки паперу та картону, що утворюються під час різання і висікання;

- браковані аркуші та відбитки;
- пробні й налагоджувальні відбитки;
- залишки паперу після завершення тиражу;
- деформовані або пошкоджені напівфабрикати.

Окрім паперових матеріалів, у поліграфічному виробництві утворюються також інші види відходів:

- залишки фарб, лаків і промивних розчинів;
- клеї та адгезивні матеріали, що втратили технологічні властивості;
- полімерні плівки, ламінати та пакувальні матеріали;
- допоміжні матеріали у вигляді серветок, фільтрів, протиральних матеріалів та засобів очищення.

Залежно від фізико-хімічних властивостей окремі види відходів можуть бути придатними до повторного використання, вторинної переробки або потребувати спеціальних умов утилізації.

Структура відходів характеризує співвідношення окремих видів відходів у загальному обсязі матеріалів, що утворюються на підприємстві протягом певного періоду часу або при виготовленні визначеного тиражу продукції.

Кількісна оцінка структури відходів здійснюється на основі:

- матеріального балансу виробництва;
- результатів розрахунку матеріальних втрат;
- даних обліку відходів за видами, масою або об'ємом;
- аналізу технологічних параметрів виробництва.

Для кожного виду відходів визначають:

- абсолютну кількість;
- масу;
- відносну частку у загальному обсязі відходів.

Такі розрахунки дозволяють оцінити співвідношення між різними видами відходів, визначити матеріали, що утворюються у найбільших обсягах, та встановити напрями підвищення ефективності використання ресурсів.

Оцінювання структури відходів також використовується для планування систем роздільного збирання та організації процесів повторного використання матеріалів.

Структура виробничих відходів безпосередньо пов'язана з особливостями технологічних процесів поліграфічного виробництва. Кожен етап виготовлення друкованої продукції характеризується утворенням певних видів відходів.

У додрукарських процесах основними відходами є пробні матеріали, залишки носіїв інформації, допоміжні матеріали та тестові відбитки, що

використовуються для перевірки якості підготовки макетів і друкарських форм.

Під час друкарського процесу утворюються браковані відбитки, налагоджувальні аркуші, залишки фарб і зволожувальних розчинів. Кількість таких відходів залежить від стабільності друкарського процесу, технічного стану обладнання та точності налаштування параметрів друку.

У післядрукарській обробці переважають обрізки паперу і картону, висічки, залишки палітурних матеріалів та відходи, пов'язані з комплектуванням і пакуванням продукції.

Аналіз структури відходів у розрізі технологічних процесів дозволяє:

- оцінити рівень використання матеріалів;
- визначити виробничі операції з найбільшим обсягом відходів;
- встановити напрями вдосконалення технологічних процесів;
- обґрунтувати заходи зі зменшення матеріальних втрат.

Розрахунок структури відходів є необхідною складовою оцінювання можливостей повторного використання матеріалів у поліграфічному виробництві. Визначення кількості та складу відходів дозволяє оцінити потенціал вторинної сировини та обґрунтувати вибір технологій рециклінгу.

Отримані результати використовуються при:

- оцінюванні обсягів вторинної сировини;
- організації системи роздільного збирання відходів;
- плануванні процесів повторного використання та перероблення матеріалів;
- аналізі ефективності використання ресурсів;
- зменшенні обсягів відходів, що підлягають утилізації.

Кількісний аналіз структури відходів дозволяє перейти від загального оцінювання матеріальних втрат до формування системи управління відходами поліграфічного підприємства, орієнтованої на більш раціональне використання матеріальних ресурсів та зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище.

ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Ідентифікація та систематизація потоків відходів поліграфічного підприємства

На основі опису технологічного процесу виготовлення поліграфічної продукції виконати ідентифікацію потоків відходів, що утворюються на підприємстві.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити відходи, що утворюються на додрукарському, друкарському та післядрукарському етапах;
- встановити належність відходів до первинних або вторинних;

– обґрунтувати зв'язок між технологічною операцією та утворенням відповідного виду відходів.

Очікуваний результат: систематизований перелік потоків відходів із зазначенням етапу утворення, матеріального характеру та джерела виникнення.

Завдання 2. Аналіз структури відходів за матеріальними групами

Проаналізувати структуру відходів поліграфічного підприємства за матеріальним складом на основі ідентифікованих потоків.

У межах завдання необхідно:

- згрупувати відходи за матеріальними ознаками (паперові, полімерні, металеві, хімічні, допоміжні);
- визначити співвідношення між матеріальними групами у загальній структурі відходів;
- зробити висновки щодо домінуючих матеріальних компонентів.

Очікуваний результат: таблиця матеріальної структури відходів та короткий аналітичний коментар.

Завдання 3. Формування технологічної структури відходів

Проаналізувати структуру відходів залежно від технологічних етапів поліграфічного виробництва.

У межах завдання необхідно:

- розподілити ідентифіковані відходи за етапами їх утворення;
- визначити роль кожного етапу у формуванні загальної структури відходів;
- встановити етапи, що створюють найбільше навантаження на систему поводження з відходами.

Очікуваний результат: таблиця технологічної структури відходів та обґрунтований аналітичний висновок.

Завдання 4. Аналіз структури відходів з точки зору рециклінг-придатності

Виконати аналіз структури відходів поліграфічного підприємства з позицій можливості повторного використання та рециклінгу.

У межах завдання необхідно:

- класифікувати відходи за ступенем придатності до рециклінгу;
- оцінити вплив матеріального складу та ступеня забруднення на можливість переробки;
- визначити потенціал формування вторинної сировини.

Очікуваний результат: таблиця рециклінг-придатності відходів та аналітичний висновок.

Завдання 5. Аналітична оцінка ефективності структури відходів та напрямки її оптимізації

На основі наведених аналітичних вихідних даних:

- визначити матеріальну групу відходів, що займає найбільшу частку у структурі відходів підприємства;

- встановити види відходів, що потребують спеціальних умов зберігання або утилізації;
- визначити відходи, що мають найнижчу придатність до рециклінгу;
- проаналізувати вплив недостатнього сортування на формування змішаних відходів;
- запропонувати не менше трьох організаційних заходів для зменшення частки змішаних і важкоутилізованих відходів без зміни виробничого обладнання.

Очікуваний результат: таблиця проблемних компонентів структури відходів та письмовий висновок обсягом 5-7 речень.

Завдання 6. Виявлення критичних компонентів у структурі відходів

На основі сформованої структури відходів визначити компоненти, які мають найбільший вплив на:

- загальну масу відходів;
- складність поводження з відходами;
- екологічне навантаження підприємства.

У процесі виконання завдання необхідно:

- проаналізувати домінуючі матеріальні групи;
- визначити відходи, що формують «ядро» структури;
- обґрунтувати, чому саме ці компоненти є критичними.

Очікуваний результат: перелік критичних компонентів структури відходів з коротким аналітичним поясненням.

Завдання 7. Аналіз впливу організації виробничого процесу на структуру відходів

Проаналізувати, як особливості організації поліграфічного виробництва впливають на формування структури відходів.

У межах завдання необхідно:

- оцінити роль планування тиражів, переналагодження обладнання та внутрішньої логістики;
- встановити зв'язок між організаційними рішеннями та появою окремих видів відходів;
- визначити організаційні чинники, що найбільше впливають на структуру відходів.

Очікуваний результат: аналітичний опис причинно-наслідкових зв'язків між організацією виробництва та структурою відходів.

Завдання 8. Порівняльний аналіз альтернативних підходів до управління відходами

Розглянути два умовні підходи до управління відходами поліграфічного підприємства:

- мінімальне сортування з передачею відходів на утилізацію;
- розширене сортування з виділенням вторинної сировини.

У процесі виконання завдання необхідно:

- порівняти вплив кожного підходу на структуру відходів;
- оцінити зміну частки відходів, придатних до рециклінгу;
- визначити потенційні переваги та недоліки кожного підходу.

Очікуваний результат: порівняльна характеристика підходів з аргументованим вибором доцільнішого варіанта.

Завдання 9. Оцінка стійкості структури відходів до змін виробничих умов

Проаналізувати, як зміна виробничих умов (тип продукції, сезонність замовлень, зміна матеріалів) може вплинути на структуру відходів.

У межах завдання необхідно:

- визначити елементи структури, найбільш чутливі до змін;
- оцінити ризики порушення стабільності системи поводження з відходами;
- сформулювати висновки щодо гнучкості поточної структури відходів.

Очікуваний результат: аналітичний висновок щодо стійкості структури відходів до виробничих змін.

Завдання 10. Розроблення заходів щодо оптимізації структури відходів

Для заданої виробничої ситуації:

- визначити не менше двох організаційних заходів, спрямованих на покращення сортування відходів;
- запропонувати не менше двох технологічних заходів, спрямованих на зменшення утворення паперових і полімерних відходів;
- встановити, які види відходів змінять свою частку у структурі після впровадження запропонованих заходів;
- визначити, які заходи можуть бути реалізовані без зміни виробничого обладнання; оцінити, як запропоновані заходи вплинуть на: частку вторинної сировини; кількість змішаних відходів; ефективність сортування.

Очікуваний результат: структурований перелік заходів оптимізації у вигляді таблиці та аналітичний висновок обсягом 5-6 речень.

Завдання 11. Побудова моделі структури відходів поліграфічного підприємства

На основі наведених аналітичних вихідних даних:

- сформулювати табличну або схематичну модель структури відходів підприємства;
- розподілити відходи за: технологічними етапами; матеріальними групами; придатністю до рециклінгу;
- встановити зв'язок між технологічними операціями та відповідними потоками відходів;
- визначити матеріальні групи, що формують основну масу відходів;
- виділити відходи, які ускладнюють систему поводження через змішаний або комбінований склад.

Очікуваний результат: структурна схема або узагальнювальна таблиця моделі відходів із коротким поясненням обсягом 4-5 речень.

Завдання 12. Оцінка відповідності структури відходів принципам ресурсоефективності

Проаналізувати сформовану структуру відходів з точки зору принципів ресурсоефективності та сталого розвитку.

У межах завдання необхідно:

- оцінити, яка частина матеріальних потоків втрачає потенціал повторного використання;
- встановити, наскільки раціонально використовуються матеріальні ресурси;
- виявити структурні дисбаланси у поводженні з відходами.

Очікуваний результат: аналітичний висновок щодо відповідності структури відходів принципам ресурсоефективності.

Завдання 13. Аналіз керованості структури відходів

Оцінити, наскільки поточна структура відходів поліграфічного підприємства є керованою з організаційної та технологічної точок зору.

У межах завдання необхідно:

- визначити елементи структури, які легко піддаються управлінським впливам;
- виділити компоненти, керування якими є ускладненим;
- оцінити роль системи обліку та контролю у формуванні структури відходів.

Очікуваний результат: структурований висновок щодо рівня керованості системи відходів.

Завдання 14. Оцінка ризиків, пов'язаних зі структурою відходів

Проаналізувати потенційні ризики, які виникають у зв'язку з наявною структурою відходів поліграфічного підприємства.

У межах завдання необхідно:

- ідентифікувати екологічні, організаційні та виробничі ризики;
- встановити зв'язок між ризиками та конкретними компонентами структури відходів;
- оцінити можливі наслідки реалізації цих ризиків.

Очікуваний результат: перелік основних ризиків із коротким поясненням їх походження.

Завдання 15. Формування показників оцінювання структури відходів

Запропонувати систему показників, які можуть використовуватися для регулярного оцінювання структури відходів поліграфічного підприємства.

У межах завдання необхідно:

- визначити кількісні та якісні показники;
- обґрунтувати доцільність кожного показника;
- показати, як ці показники можуть використовуватися у практиці управління.

Очікуваний результат: перелік показників із поясненням їх практичного значення.

Завдання 16. Формування підсумкового аналітичного висновку

Підготувати підсумковий аналітичний висновок.

У межах завдання необхідно:

- узагальнити результати аналізу структури відходів;
- сформулювати основні проблеми та переваги існуючої структури;
- визначити перспективні напрями вдосконалення системи поводження з відходами.

Очікуваний результат: цілісний підсумковий висновок, що відображає рівень розуміння студентом теми лабораторної роботи.

Завдання 17. Аналіз взаємозв'язку між структурою відходів та типом поліграфічної продукції

Проаналізувати, як зміна типу поліграфічної продукції впливає на структуру відходів підприємства.

У межах завдання необхідно:

- порівняти структуру відходів для книжкової, журнальної та пакувальної продукції;
- визначити матеріальні групи, частка яких змінюється залежно від типу продукції;
- оцінити вплив технологічних особливостей продукції на формування відходів;
- встановити, який тип продукції формує найбільш складну структуру відходів.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця структури відходів та аналітичний висновок обсягом 5-7 речень.

Завдання 18. Оцінка впливу сортування відходів на формування вторинної сировини

Проаналізувати, як рівень сортування відходів впливає на можливість формування вторинної сировини на поліграфічному підприємстві.

У межах завдання необхідно:

- порівняти структуру відходів при відсутності сортування та при роздільному збиранні;
- визначити зміну частки відходів, придатних до рециклінгу;
- оцінити вплив змішаного накопичення відходів на втрату вторинної сировини;
- визначити найбільш доцільний підхід до організації сортування.

Очікуваний результат: порівняльна характеристика двох систем сортування та аналітичний висновок.

Завдання 19. Аналіз впливу стабільності виробничого процесу на структуру відходів

Проаналізувати, як стабільність виробничого процесу впливає на структуру та обсяг відходів поліграфічного підприємства.

У межах завдання необхідно:

- порівняти структуру відходів при стабільному та нестабільному виробничому процесі;
- оцінити вплив частих переналагоджень обладнання на утворення відходів;
- визначити, які види відходів найбільше залежать від організації виробництва;
- сформулювати висновки щодо впливу виробничої стабільності на ефективність поводження з відходами.

Очікуваний результат: аналітична таблиця та висновок обсягом 5-6 речень.

Завдання 20. Формування комплексної системи управління відходами поліграфічного підприємства

На основі аналізу структури відходів сформувати комплексну систему поводження з відходами поліграфічного підприємства.

У межах завдання необхідно:

- визначити основні етапи управління відходами;

- розподілити відходи за способами поводження: повторне використання; рециклінг; утилізація; тимчасове накопичення;
- запропонувати організаційні заходи для покращення системи управління відходами;
- оцінити вплив запропонованої системи на екологічну та виробничу ефективність підприємства.

Очікуваний результат: структурована схема або таблиця системи управління відходами та підсумковий аналітичний висновок.

ВИХІДНІ ДАНІ

Завдання 1. Ідентифікація та систематизація потоків відходів поліграфічного підприємства

Поліграфічне підприємство спеціалізується на виготовленні рекламно-журнальної продукції, каталогів та пакувальних вкладок для харчової продукції. Виробництво працює у двозмінному режимі. Середньомісячний обсяг використання матеріалів становить:

- крейдований папір – 36,4 т;
- картон – 12,8 т;
- полімерні плівки – 3,6 т;
- друкарські фарби та лаки – 1,4 т.

Технологічний цикл включає: СтР-підготовку друкарських форм; офсетний друк; УФ-лакування; ламінацію; різання; фальцювання; склеювання; пакування.

Додрукарський етап

У процесі виготовлення друкарських форм утворюються: використані алюмінієві СтР-пластини; тестові кольоропроби; браковані контрольні аркуші; використані серветки для очищення процесора; залишки проявних розчинів.

Друкарський етап

У процесі друку та налагодження обладнання утворюються: пробні відбитки; браковані друкарські аркуші; залишки фарб; промивні розчини; забруднені серветки; залишки зволожувального розчину.

Післядрукарський етап

У процесі різання, ламінування та пакування утворюються: паперові обрізки; ламіновані висічки; залишки полімерної плівки; браковані пакувальні заготовки; клейові залишки; картонна тара; використані клейкі стрічки.

Додаткові виробничі умови

- частина ламінованих обрізків накопичується разом із паперовими;
- пробні відбитки окремо не обліковуються;
- СтР-форми передаються зовнішньому підприємству на перероблення;
- залишки фарб тимчасово зберігаються у виробничій зоні;
- полімерні плівки накопичуються без сортування за типом матеріалу.

Завдання 2. Аналіз структури відходів за матеріальними групами

Таблиця 1.

Результати виробничого обліку підприємства за місяць

Вид відходів	Маса, кг/міс	Ступінь забруднення
Чисті паперові обрізки	4180	Низький

Браковані друкарські аркуші	1670	Середній
Ламіновані обрізки	1240	Високий
Полімерні плівки	860	Середній
Залишки фарб	310	Високий
Промивні розчини	180	Високий
Алюмінієві форми	240	Низький
Забруднені серветки	420	Високий
Картонна тара	690	Низький
Клейові залишки	210	Середній

Додаткові умови:

- ламіновані обрізки складаються з паперово-полімерних композицій;
- частина картонної тари використовується повторно;
- забруднені серветки накопичуються спільно з допоміжними матеріалами;
- полімерні плівки містять залишки клею та фарби.

Завдання 3. Формування технологічної структури відходів

Підприємство виконує: СтР-підготовку; офсетний друк; УФ-лакування; ламінування; різання; фальцювання; пакування.

Таблиця 1.

Розподіл відходів за технологічними етапами

Технологічний етап	Маса відходів, кг/міс
Додрукарський	520
Друкарський	4860
Лакування і ламінування	1730
Післядрукарський	3940
Пакування	880

Таблиця 2.

Структура відходів друкарського етапу

Вид відходів	Частка, %
Браковані аркуші	56
Пробні відбитки	18
Залишки фарб	11
Промивні розчини	7
Допоміжні матеріали	8

Додаткові умови:

- під час ламінування збільшується частка комбінованих матеріалів;
- при переналагодженні обладнання накопичується значна кількість пробних відбитків;
- частина бракованих аркушів після лакування втрачає придатність до перероблення.

Завдання 4. Аналіз структури відходів з точки зору рециклінг-придатності

Таблиця 1.

Відходи на підприємстві

Вид відходів	Маса, кг	Ступінь забруднення	Придатність до рециклінгу
Чисті паперові обрізки	4360	Низький	Висока
Браковані аркуші з лаком	1240	Середній	Середня
Ламіновані висічки	1380	Високий	Низька
Полімерна плівка	720	Середній	Середня
Алюмінієві StP-форми	210	Низький	Висока
Залишки фарб	280	Високий	Низька
Забруднені серветки	390	Високий	Низька

Додаткові умови:

- чисті паперові обрізки частково змішуються з лакованими;
- ламіновані матеріали не сортуються;
- алюмінієві форми накопичуються окремо;
- частина полімерної плівки містить багат шарові композиції.

Завдання 5. Аналітична оцінка ефективності структури відходів та напрями її оптимізації

Таблиця 1.

Поточна структура відходів

Матеріальна група	Маса, кг	Частка, %
Паперові	5980	52
Полімерні	1380	12
Комбіновані	1860	16
Хімічні	740	6
Металеві	240	2
Допоміжні	1320	12

Додаткові виробничі умови:

- комбіновані матеріали накопичуються разом із паперовими;
- залишки фарб і промивних розчинів тимчасово зберігаються у виробничій зоні;
- рівень повторного використання тари становить лише 14 %;
- забруднені паперові відходи передаються на утилізацію;
- сортування полімерних матеріалів відсутнє.

Додаткові показники:

- частка відходів, придатних до рециклінгу – 49 %;
- частка змішаних потоків – 26 %;
- частка відходів, що передаються на захоронення – 18 %.

Завдання 6. Виявлення критичних компонентів у структурі відходів

Таблиця 1.

Структура проблемних компонентів

Вид відходів	Маса, кг	Особливість
Паперові обрізки	4820	Формують основну масу
Ламіновані висічки	1680	Ускладнюють перероблення
Залишки фарб	340	Хімічна небезпека
Полімерні плівки	980	Значний об'єм накопичення
Забруднені серветки	510	Потребують спеціального поводження
Комбіновані пакувальні матеріали	870	Низька рециклінг-придатність

Додаткові умови:

- ламіновані матеріали містять паперово-полімерні шари;
- частина полімерних плівок забруднюється клеями;
- залишки фарб накопичуються у металевих контейнерах;
- допоміжні матеріали не обліковуються окремо.

Завдання 7. Аналіз впливу організації виробничого процесу на структуру відходів

На підприємстві:

- виконується 26–32 переналагодження друкарських машин за тиждень;
- частина замовлень має терміновий характер;
- друкарська та післядрукарська дільниці працюють нерівномірно;
- накопичення відходів виконується безпосередньо біля обладнання;
- внутрішнє транспортування відходів здійснюється двічі на добу.

Таблиця 1.

Наслідки організації виробництва

Показник	Значення
Частка пробних відбитків у структурі друкарських відходів	19 %
Частка змішаних відходів	23 %
Частка бракованої продукції	11 %
Частка забруднених паперових відходів	17 %

Додаткові умови

- частина полімерних матеріалів пошкоджується при транспортуванні;
- відсутня єдина схема сортування між дільницями;
- контроль кількості пробних відбитків не виконується.

Завдання 8. Порівняльний аналіз альтернативних підходів до управління відходами

Таблиця 1.

Підхід А – мінімальне сортування

Показник	Значення
Частка вторинної сировини	38 %
Частка змішаних відходів	34 %
Частка забруднених паперових відходів	29 %

Частка полімерних матеріалів, що передаються на утилізацію	72 %
--	------

Таблиця 2.

Підхід Б – багаторівневе сортування

Показник	Значення
Частка вторинної сировини	74 %
Частка змішаних відходів	9 %
Частка забруднених паперових відходів	11 %
Частка полімерних матеріалів, що передаються на рециклінг	68 %

Додаткові умови:

- у підході Б використовуються окремі контейнери для паперових, полімерних і комбінованих матеріалів;
- чисті паперові відходи відділяються від лакованих;
- полімерні плівки сортуються за типом матеріалу.

Завдання 9. Оцінка стійкості структури відходів до змін виробничих умов

Підприємство протягом року:

- переходить від журнальної до пакувальної продукції;
- збільшує використання ламінованих матеріалів;
- виконує сезонні рекламні замовлення;
- змінює постачальників паперу та полімерних плівок.

Таблиця 1.

Зміна структури відходів

Показник	Початкове значення	Після зміни
Частка паперових відходів	58 %	43 %
Частка комбінованих матеріалів	12 %	24 %
Частка полімерних відходів	10 %	18 %
Частка відходів, придатних до рециклінгу	67 %	49 %

Додаткові умови:

- збільшення ламінації ускладнює сортування;
- при сезонних замовленнях зростає кількість пробних відбитків;
- зміна постачальників призводить до нестабільності якості матеріалів.

Завдання 10. Розроблення заходів щодо оптимізації структури відходів

Таблиця 1.

Поточна структура відходів

Вид відходів	Частка, %
Паперові	54
Полімерні	14
Комбіновані	17
Хімічні	7
Допоміжні	8

Додаткові виробничі умови:

- чисті та забруднені паперові відходи накопичуються разом;
- комбіновані матеріали не виділяються окремо;
- пробні відбитки не обліковуються;
- полімерні плівки різних типів накопичуються спільно;
- частина придатної вторинної сировини потрапляє у змішані відходи.

Таблиця 1.

Поточні показники системи поводження з відходами

Показник	Значення
Частка вторинної сировини	44 %
Частка змішаних відходів	27 %
Частка відходів, що передаються на захоронення	19 %
Частка повторного використання тари	12 %

Завдання 11. Побудова моделі структури відходів поліграфічного підприємства

Поліграфічне підприємство виготовляє:

- рекламні журнали;
- книжкову продукцію у м'якій палітурці;
- пакувальну картонну продукцію з ламінацією.

Виробництво працює у три зміни. Середньомісячний обсяг переробки матеріалів:

- папір і картон – 48,5 т;
- полімерні матеріали – 6,2 т;
- фарби, лаки, клеї – 2,1 т.

Таблиця 1.

Структура відходів за технологічними етапами

Етап	Основні відходи	Маса, кг/міс
Додрукарський	СтР-форми, кольоропроби, серветки	380
Друкарський	Браковані відбитки, залишки фарб, промивні розчини	5240
Лакування і ламінування	Ламіновані обрізки, залишки лаку	1640
Післядрукарський	Обрізки, висічки, брак палітурки	4120
Пакування	Плівка, стрічки, картонна тара	960

Таблиця 1.

Матеріальна структура відходів

Матеріальна група	Маса, кг	Частка, %
Паперові	6830	55,4
Полімерні	1840	14,9
Хімічні	910	7,4
Комбіновані	1760	14,3
Металеві	280	2,3
Допоміжні	700	5,7

Таблиця 1.

Рециклінг-придатність

Вид відходів	Рециклінг-придатність
--------------	-----------------------

Чисті паперові обрізки	Висока
Ламіновані висічки	Низька
Залишки фарб	Низька
Алюмінієві StP-форми	Висока
Полімерна плівка з друком	Середня

Завдання 12. Оцінка відповідності структури відходів принципам ресурсоефективності

Підприємство використовує:

- крейдований папір;
- ламінований картон;
- УФ-лаки;
- полімерні пакувальні плівки.

Таблиця 1.

Відомості про втрати матеріальних потоків

Показник	Значення
Частка матеріалів, що переходять у готову продукцію	71 %
Частка відходів, придатних до рециклінгу	52 %
Частка забруднених паперових відходів	24 %
Частка комбінованих матеріалів без перероблення	18 %
Частка повторного використання тари	9 %

Додаткові умови

- ламіновані матеріали накопичуються разом із чистими паперовими;
- залишки лаків і фарб передаються на утилізацію;
- відсутній окремий облік пробних відбитків;
- повторне використання внутрішньоцехової тари майже не застосовується;
- частина придатної полімерної сировини забруднюється клеями.

Завдання 13. Аналіз керованості структури відходів

На підприємстві функціонують: друкарська; лакувальна; післядрукарська; пакувальна дільниці.

Таблиця 1.

Організація контролю відходів

Вид відходів	Спосіб обліку	Рівень контролю
Паперові обрізки	Щоденне зважування	Високий
Полімерні плівки	Періодичний облік	Середній
Комбіновані відходи	Не обліковуються окремо	Низький
Залишки фарб	Журнал утилізації	Середній
Забруднені серветки	Без системного обліку	Низький

Додаткові виробничі умови:

- дільниці використовують різні контейнери для сортування;
- частина відходів переміщується без маркування;

- контроль забруднення вторинної сировини не виконується;
- централізована система моніторингу потоків відходів відсутня.

Завдання 14. Оцінка ризиків, пов'язаних зі структурою відходів

Підприємство працює з: УФ-лаками; сольвентними фарбами; ламінованими матеріалами; полімерними плівками.

Таблиця 1.

Структура відходів із підвищеним рівнем ризику

Вид відходів	Маса, кг/міс	Особливість
Залишки фарб	340	Хімічна активність
Промивні розчини	210	Потребують спеціального зберігання
Ламіновані обрізки	1260	Складність перероблення
Полімерні плівки	980	Значний об'єм накопичення
Забруднені серветки	430	Небезпека забруднення

Додаткові умови:

- частина хімічних відходів накопичується у виробничій зоні;
- вивезення полімерних відходів виконується раз на два тижні;
- ламіновані матеріали тимчасово зберігаються разом із паперовими;
- підприємство залежить від одного оператора утилізації.

Завдання 15. Формування показників оцінювання структури відходів

На підприємстві ведеться лише загальний облік відходів без деталізації за технологічними потоками.

Таблиця 1.

Поточна структура відходів

Вид відходів	Маса, кг/міс
Паперові обрізки	5120
Браковані відбитки	1760
Полімерні плівки	1340
Комбіновані матеріали	1180
Хімічні відходи	620
Допоміжні матеріали	540

Додаткові умови:

- не визначається коефіцієнт рециклінг-придатності;
- не оцінюється рівень забруднення вторинної сировини;
- відсутній аналіз динаміки відходів;
- не контролюється частка змішаних потоків;
- відсутня оцінка ефективності сортування.

Завдання 16. Формування підсумкового аналітичного висновку

Таблиця 1.

Результати аналізу діяльності підприємства

Показник	Значення
Частка паперових відходів	57 %
Частка комбінованих матеріалів	16 %
Частка відходів, придатних до рециклінгу	54 %
Частка змішаних відходів	22 %
Частка забруднених паперових відходів	19 %

Додатково встановлено:

– найбільший обсяг відходів формується на друкарському та післядрукарському етапах;

- ламіновані матеріали значно ускладнюють рециклінг;
- централізована система контролю потоків відсутня;
- сортування відходів виконується нерівномірно між дільницями;
- частина вторинної сировини втрачає придатність через забруднення.

Завдання 17. Аналіз взаємозв'язку між структурою відходів та типом поліграфічної продукції

Таблиця 1.

Взаємозв'язок між структурою відходів та типом поліграфічної продукції

Книжкова продукція		Журнальна продукція		Пакувальна продукція	
Вид відходів	Частка, %	Вид відходів	Частка, %	Вид відходів	Частка, %
Паперові обрізки	48	Пробні відбитки	22	Висічки	26
Брак палітурки	16	Паперові відходи	44	Ламіновані матеріали	24
Клейові залишки	11	УФ-лаки та фарби	17	Полімерні плівки	18
Полімерні матеріали	5	Полімерні плівки	8	Комбіновані відходи	21
Допоміжні матеріали	20	Допоміжні матеріали	9	Клейові залишки	11

Додаткові умови:

- для пакувальної продукції застосовується ламінація;
- журнальна продукція проходить УФ-лакування;
- книжкова продукція містить клейове скріплення.

Завдання 18. Оцінка впливу сортування відходів на формування вторинної сировини

Таблиця 1.

Система А – часткове сортування

Показник	Значення
Частка вторинної сировини	41 %
Частка змішаних відходів	29 %

Частка забруднених паперових відходів	34 %
Втрати придатних полімерів	38 %

Таблиця 2.

Система Б – багаторівневе сортування

Показник	Значення
Частка вторинної сировини	76 %
Частка змішаних відходів	9 %
Частка забруднених паперових відходів	11 %
Втрати придатних полімерів	13 %

Додаткові умови:

- у системі Б використовуються окремі контейнери для чистих і забруднених паперових відходів;
- полімерні матеріали сортуються за типом;
- комбіновані матеріали виділяються окремо.

Завдання 19. Аналіз впливу стабільності виробничого процесу на структуру відходів

Таблиця 1.

Стабільне виробництво

Показник	Значення
Переналагодження за тиждень	5
Частка пробних відбитків	4 %
Частка бракованої продукції	3 %
Частка змішаних відходів	6 %

Таблиця 2.

Нестабільне виробництво

Показник	Значення
Переналагодження за тиждень	23
Частка пробних відбитків	17 %
Частка бракованої продукції	12 %
Частка змішаних відходів	24 %

Додаткові умови:

- при нестабільному виробництві виконується значна кількість термінових замовлень;
- частина дільниць працює нерівномірно;
- збільшується накопичення пробних відбитків і залишків фарб.

Завдання 20. Формування комплексної системи управління відходами поліграфічного підприємства

Таблиця 1.

Відходи на підприємстві

Вид відходів	Маса, кг/міс	Поточний спосіб поводження
Чисті паперові обрізки	4860	Рециклінг
Ламіновані обрізки	1280	Захоронення
Полімерні плівки	1160	Часткове сортування
Залишки фарб	340	Тимчасове накопичення
Промивні розчини	180	Передача підряднику
Картонна тара	620	Повторне використання

Додаткові організаційні умови:

- централізований контроль потоків відходів відсутній;
- ділянки використовують різні правила сортування;
- не контролюється рівень забруднення вторинної сировини;
- комбіновані матеріали не виділяються окремо;
- частина придатної вторинної сировини потрапляє у змішані відходи.

Лабораторна робота №3

ТЕМА: ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ РЕЦИКЛІНГУ ВІДХОДІВ У ПОЛІГРАФІЇ

1. Мета роботи: здійснити кількісну оцінку потенціалу рециклінгу відходів поліграфічного виробництва шляхом їх класифікації за ступенем придатності до переробки, визначення частки матеріалів, що можуть бути повторно залучені у виробничий цикл, та аналізу технологічних, матеріальних і економічних обмежень, які впливають на рівень ресурсоефективності підприємства.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук із програмним забезпеченням для виконання розрахунків і побудови таблиць;
- табличний процесор Microsoft Excel, Google Sheets або аналогічне програмне забезпечення для оброблення експериментальних і розрахункових даних;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- вихідні дані щодо структури відходів поліграфічного виробництва;
- розрахункові таблиці для визначення рециклінг-потенціалу, втрат вторинної сировини та інтегральних показників ефективності;
- довідкові дані щодо коефіцієнтів рециклінг-придатності різних матеріалів;
- класифікаційні характеристики поліграфічних відходів;
- калькулятор або програмні засоби автоматизації інженерних розрахунків;
- зразки поліграфічної продукції та матеріалів (папір, картон, ламіновані матеріали, полімерні плівки, лаковані відбитки, пакувальні елементи) — за наявності;
- нормативно-довідкові матеріали з питань поводження з відходами та рециклінгу у поліграфії.

3. Теоретичні відомості

Сучасне поліграфічне виробництво характеризується значними обсягами утворення відходів, що зумовлено технологічними особливостями друкарських і післядрукарських процесів. До таких відходів належать паперові обрізки, браковані відбитки, відходи картону, полімерні плівки, ламіновані матеріали, використані друкарські форми, пакувальні матеріали та

допоміжні речовини. У контексті переходу до принципів циркулярної економіки особливої актуальності набуває питання визначення частки цих відходів, що можуть бути повторно залучені у виробничий цикл. Саме для цього здійснюється оцінка рециклінг-потенціалу.

Під рециклінгом розуміють процес повторного використання відходів як вторинної сировини після відповідної технологічної підготовки. У поліграфії це насамперед стосується паперових і картонних матеріалів, які за умови збереження однорідності структури та відсутності критичних забруднень можуть бути повернуті до паперового виробництва. Разом із тим наявність багатошарових композицій, лакованих або ламінованих поверхонь, клеєвих з'єднань і фарбових покриттів суттєво ускладнює процес переробки та знижує частку матеріалу, придатного до рециклінгу.

Відходи поліграфії доцільно розглядати з позиції їх матеріальної природи та ступеня технологічної придатності до повторної переробки. За матеріальною ознакою виділяють паперові, полімерні, металеві та змішані відходи. Найбільш сприятливими для рециклінгу є чисті паперові та картонні обрізки без ламінування та покриттів. Менш придатними є матеріали з полімерними шарами або металізованими елементами, оскільки їх переробка потребує додаткових енерговитрат і спеціального обладнання для розділення компонентів. Непридатними або економічно недоцільними для повторного використання вважаються відходи зі складною композиційною структурою чи значним рівнем забруднення фарбами, лаками або клеями.

Кількісна оцінка можливостей повторного використання здійснюється через показник рециклінг-потенціалу. Він характеризує відносну частку відходів, які можуть бути залучені до переробки, у загальній масі утворених відходів. Узагальнено цей показник визначають як відношення маси придатних до переробки матеріалів до сумарної маси всіх відходів з подальшим вираженням у відсотках.

$$RP = \frac{M_{\text{переробл}}}{M_{\text{заг}}} \times 100\%$$

де

$M_{\text{переробл}}$ — маса відходів, придатних до рециклінгу;

$M_{\text{заг}}$ — загальна маса утворених відходів.

Для більш точного аналізу може застосовуватися зважений підхід, у якому кожному виду відходів надається коефіцієнт придатності, що враховує технологічні, екологічні та економічні чинники. Такий підхід дозволяє

об'єктивніше оцінити реальний потенціал підприємства щодо впровадження принципів замкненого циклу матеріалів.

$$RP_{\text{зв.ж.}} = \sum (M_i \cdot k_i) / M_{\text{заг}}$$

де:

M_i – маса відходів певного типу;

k_i – коефіцієнт придатності (0-1).

Коефіцієнт придатності враховує:

- технологічні можливості переробки;
- рівень забруднення;
- економічну ефективність;
- наявність ринку вторинної сировини.

На величину рециклінг-потенціалу впливають технологічні, матеріальні, організаційні та економічні фактори. Технологічні особливості друку, зокрема застосування ультрафіолетових лаків, термоламінівання або фольгування, істотно знижують можливість вторинної переробки паперової основи. Матеріальна структура продукції, кількість шарів і тип фарб визначають складність розділення компонентів. Організаційний рівень підприємства, зокрема система сортування відходів безпосередньо на виробничих дільницях, впливає на ступінь їх забруднення та якість вторинної сировини. Водночас економічна доцільність переробки залежить від вартості вторинних матеріалів, витрат на транспортування та наявності регіональної інфраструктури переробки.

Оцінка потенціалу рециклінгу дозволяє не лише визначити кількісні показники утилізації, але й виявити технологічні обмеження виробництва. До основних обмежень належать складність переробки багатшарових матеріалів, зниження якості вторинного волокна після багаторазового циклу використання, а також економічні бар'єри, пов'язані з малими обсягами відходів або їх нерівномірним утворенням. Особливо складними для повторного використання є комбіновані пакувальні матеріали, що поєднують папір, полімери та металізовані шари.

Таким чином, визначення рециклінг-потенціалу є важливим етапом екологічного аудиту поліграфічного підприємства. Воно дозволяє обґрунтувати напрями вдосконалення технологічних процесів, оптимізувати структуру матеріалів і підвищити рівень ресурсоефективності виробництва. У сучасних умовах інтеграція принципів рециклінгу в систему управління

поліграфічним підприємством розглядається як складова забезпечення його сталого розвитку та екологічної безпеки.

ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Оцінка інтегрального рециклінг-потенціалу виробничої дільниці

Виконати комплексну оцінку інтегрального рециклінг-потенціалу відходів друкарської дільниці з урахуванням:

- структури матеріальних потоків;
- ступеня забруднення відходів;
- втрат при сортуванні;
- придатності матеріалів до повторного використання.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити фактичну масу вторинної сировини після сортування;
- розрахувати інтегральний рециклінг-потенціал;
- визначити матеріальні групи, що найбільше впливають на зниження показника;
- оцінити вплив забруднення на втрати вторинної сировини;
- сформулювати висновок щодо ефективності системи поводження з відходами.

Завдання 2. Порівняльний аналіз рециклінг-потенціалу різних технологій друку

Порівняти рециклінг-потенціал відходів офсетного, цифрового та флексографічного друку.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити структуру відходів для кожної технології;
- оцінити вплив лакування, ламінації та тонерного друку на придатність відходів до перероблення;
- розрахувати інтегральний показник рециклінг-потенціалу;
- визначити технологію з найбільшою часткою вторинної сировини;
- встановити технологічні фактори, що знижують циркулярність матеріальних потоків.

Завдання 3. Аналіз впливу системи сортування на втрати вторинної сировини

Виконати оцінку впливу різних систем сортування на збереження вторинної сировини у поліграфічному виробництві.

У процесі виконання завдання необхідно:

- порівняти змішане, часткове та багаторівневе сортування;
- визначити втрати вторинної сировини у кожному випадку;
- оцінити зміну рециклінг-придатності паперових і полімерних матеріалів;
- встановити залежність між рівнем сортування та часткою змішаних відходів;
- зробити висновок щодо найбільш ефективної системи поводження з відходами.

Завдання 4. Оцінка впливу оздоблювальних процесів на рециклінг-потенціал

Проаналізувати вплив лакування, ламінування та комбінованого оздоблення на придатність поліграфічної продукції до рециклінгу.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити зміну коефіцієнтів рециклінг-придатності після оздоблення;

- оцінити втрати вторинної сировини;
- встановити, які види оздоблення найбільше ускладнюють перероблення;
- порівняти структуру відходів до та після оздоблення;
- сформулювати рекомендації щодо зменшення негативного впливу оздоблення на рециклінг.

Завдання 5. Аналіз економічної ефективності системи рециклінгу

Виконати оцінку економічної ефективності системи рециклінгу поліграфічного підприємства.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити дохід від реалізації вторинної сировини;
- розрахувати витрати на сортування, транспортування та утилізацію;
- визначити економічний результат системи поводження з відходами;
- оцінити вплив рівня сортування на фінансову ефективність;
- встановити матеріальні групи, що формують найбільший економічний ефект.

Завдання 6. Аналіз втрат матеріалів, непридатних до рециклінгу

Виконати оцінку структури відходів, що втрачають придатність до повторного використання.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити частку матеріалів, що не підлягають рециклінгу;
- встановити причини втрати придатності;
- оцінити вплив забруднення, ламінації та змішаного накопичення;
- визначити найбільш проблемні матеріальні групи;
- сформулювати рекомендації щодо зменшення втрат вторинної сировини.

Завдання 7. Порівняльний аналіз рециклінг-потенціалу пакувальних рішень

Порівняти рециклінг-потенціал альтернативних конструкцій пакування.

У процесі виконання завдання необхідно:

- оцінити придатність різних пакувальних матеріалів до перероблення;
- визначити вплив полімерних шарів і ламінації;
- розрахувати інтегральний рециклінг-потенціал кожного варіанта;
- встановити конструкцію пакування з найбільшою циркулярністю;
- зробити висновок щодо доцільності використання різних пакувальних рішень.

Завдання 8. Оцінка впливу модернізації технології на рециклінг-потенціал

Проаналізувати зміну рециклінг-потенціалу після модернізації технологічного процесу.

У процесі виконання завдання необхідно:

- порівняти структуру відходів до та після модернізації;
- оцінити вплив заміни матеріалів і технологій;
- визначити зміну коефіцієнтів рециклінг-придатності;
- розрахувати приріст частки вторинної сировини;
- сформулювати висновок щодо ефективності модернізації.

Завдання 9. Розрахунок інтегрального показника екологічної ефективності рециклінгу

Виконати розрахунок інтегрального показника екологічної ефективності системи рециклінгу з урахуванням:

- рециклінг-придатності;
- екологічної небезпеки;
- втрат вторинної сировини;
- частки змішаних відходів.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити інтегральний екологічний показник;
- оцінити внесок окремих матеріальних потоків;
- встановити найбільш проблемні види відходів;
- порівняти екологічну ефективність різних матеріалів;
- сформулювати рекомендації щодо покращення системи поводження з відходами.

Завдання 10. Комплексний аналіз рециклінг-потенціалу поліграфічного підприємства

Виконати комплексний аналіз системи рециклінгу поліграфічного підприємства.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити інтегральний рециклінг-потенціал підприємства;
- оцінити структуру матеріальних потоків;
- розрахувати економічну ефективність системи рециклінгу;
- визначити втрати вторинної сировини;
- встановити вплив оздоблювальних процесів і сортування;
- визначити проблемні компоненти структури відходів;
- сформулювати інженерно-технологічні рекомендації щодо підвищення циркулярності виробництва та покращення системи поводження з відходами.

Завдання 11. Аналіз впливу забруднення відходів на фактичний рециклінг-потенціал

Виконати оцінку того, як різний ступінь забруднення паперових, полімерних і комбінованих відходів впливає на їх фактичну придатність до рециклінгу.

У процесі виконання завдання необхідно:

- класифікувати відходи за рівнем забруднення;
- визначити зміну коефіцієнта рециклінг-придатності залежно від забруднення;
- розрахувати масу вторинної сировини, що втрачається через забруднення;
- встановити матеріальні групи з найбільшими втратами рециклінг-потенціалу;
- запропонувати способи зменшення забруднення відходів на виробничих дільницях.

Очікуваний результат: таблиця впливу забруднення на рециклінг-потенціал та аналітичний висновок.

Завдання 12. Оцінка рециклінг-потенціалу змішаних і комбінованих відходів

Проаналізувати відходи, що мають змішаний або багатошаровий склад, і визначити їх вплив на загальний рециклінг-потенціал поліграфічного підприємства.

У процесі виконання завдання необхідно:

- ідентифікувати змішані та комбіновані потоки відходів;
- визначити їхню частку у загальній масі відходів;
- оцінити технологічні причини зниження їх придатності до перероблення;
- розрахувати втрати вторинної сировини через неможливість розділення матеріалів;
- запропонувати напрями зменшення утворення комбінованих відходів.

Очікуваний результат: аналітична таблиця змішаних і комбінованих відходів та висновок щодо їх впливу на циркулярність виробництва.

Завдання 13. Порівняння базового та оптимізованого сценаріїв поводження з відходами

Виконати порівняльну оцінку двох сценаріїв поводження з відходами: чинної системи та оптимізованої системи з покращеним сортуванням і роздільним накопиченням матеріалів.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити фактичну масу вторинної сировини у базовому сценарії;
- розрахувати рециклінг-потенціал після впровадження оптимізованого сценарію;
- порівняти зміну частки змішаних відходів;
- визначити приріст маси матеріалів, придатних до перероблення;
- сформулювати висновок щодо доцільності зміни системи поводження з відходами.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця двох сценаріїв і техніко-екологічний висновок.

Завдання 14. Оцінка впливу технологічних операцій на втрату вторинної сировини

Проаналізувати, які технологічні операції поліграфічного виробництва найбільше впливають на зниження рециклінг-потенціалу відходів.

У процесі виконання завдання необхідно:

- розподілити відходи за технологічними етапами: друк, лакування, ламінування, різання, пакування;
- визначити для кожного етапу масу відходів та коефіцієнт рециклінг-придатності;
- встановити операції, після яких матеріали найбільше втрачають придатність до повторного використання;
- оцінити роль оздоблення, клейових матеріалів і полімерних шарів;
- запропонувати технологічні рішення для зменшення втрат вторинної сировини.

Очікуваний результат: таблиця впливу технологічних операцій на рециклінг-потенціал і висновок.

Завдання 15. Розрахунок потенціалу заміни матеріалів для підвищення рециклінг-придатності

Оцінити, як заміна окремих матеріалів або покриттів може змінити загальний рециклінг-потенціал поліграфічної продукції.

У процесі виконання завдання необхідно:

- порівняти чинні матеріали з альтернативними;
- визначити зміну коефіцієнтів рециклінг-придатності;
- розрахувати приріст маси вторинної сировини після заміни матеріалів;

- оцінити технологічні обмеження такої заміни;
- сформулювати висновок щодо доцільності переходу на матеріали з вищою придатністю до перероблення.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця матеріалів і висновок щодо потенціалу заміни.

Завдання 16. Оцінка логістичних втрат у системі рециклінгу

Виконати аналіз втрат вторинної сировини, що виникають під час накопичення, внутрішнього транспортування, зберігання та передачі відходів на перероблення.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити етапи логістичного ланцюга поводження з відходами;
- оцінити втрати матеріалів на кожному етапі;
- розрахувати фактичну масу вторинної сировини після логістичних втрат;
- встановити причини зниження рециклінг-потенціалу під час транспортування та зберігання;
- запропонувати організаційні заходи для зменшення логістичних втрат.

Очікуваний результат: схема або таблиця логістичних втрат та аналітичний висновок.

Завдання 17. Оцінка рециклінг-потенціалу за різних обсягів виробництва

Проаналізувати, як зміна масштабу виробництва впливає на кількість відходів, масу вторинної сировини та загальний рециклінг-потенціал.

У процесі виконання завдання необхідно:

- порівняти малий, середній і великий обсяги виробництва;
- визначити зміну абсолютної маси відходів;
- розрахувати масу матеріалів, придатних до рециклінгу;
- оцінити вплив збільшення накладу на частку налагоджувальних і пробних відходів;
- сформулювати висновок щодо зв'язку між масштабом виробництва та ефективністю рециклінгу.

Очікуваний результат: порівняльна таблиця трьох виробничих сценаріїв і аналітичний висновок.

Завдання 18. Аналіз екологічного ефекту від підвищення рециклінг-потенціалу

Оцінити екологічний ефект від збільшення частки відходів, що передаються на повторне використання або перероблення.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити масу відходів, що переходить із потоку утилізації до потоку рециклінгу;
- розрахувати зміну частки відходів, що не підлягають переробленню;
- оцінити вплив запропонованих заходів на зменшення обсягу захоронення;
- визначити матеріальні групи, за рахунок яких досягається найбільший екологічний ефект;
- сформулювати висновок щодо екологічної доцільності підвищення рециклінг-потенціалу.

Очікуваний результат: розрахункова таблиця екологічного ефекту та висновок.

Завдання 19. Формування системи показників для моніторингу рециклінг-потенціалу

Розробити систему показників, які можуть використовуватися для регулярного контролю рециклінг-потенціалу відходів поліграфічного підприємства.

У процесі виконання завдання необхідно:

- запропонувати кількісні показники оцінювання рециклінгу;
- визначити показники, що характеризують якість сортування;
- сформувати показники втрат вторинної сировини;
- обґрунтувати практичне значення кожного показника;
- пояснити, як ці показники можуть застосовуватися для управління відходами.

Очікуваний результат: таблиця показників моніторингу з поясненням їх призначення.

Завдання 20. Формування комплексної програми підвищення рециклінг-потенціалу підприємства

Розробити комплексну програму підвищення рециклінг-потенціалу поліграфічного підприємства на основі аналізу матеріальних потоків, технологічних обмежень, сортування, економічного ефекту та екологічних результатів.

У процесі виконання завдання необхідно:

- визначити основні проблеми поточної системи поводження з відходами;
- запропонувати організаційні, технологічні та матеріалознавчі заходи;
- оцінити очікуваний вплив кожного заходу на рециклінг-потенціал;
- встановити пріоритетність заходів для впровадження;
- сформулювати підсумковий інженерно-екологічний висновок щодо підвищення циркулярності поліграфічного виробництва.

Очікуваний результат: структурована програма заходів і підсумковий аналітичний висновок.

ВИХІДНІ ДАНІ

Завдання 1. Оцінка інтегрального рециклінг-потенціалу виробничої дільниці

Друкарська дільниця виготовляє рекламні буклети, журнальні вкладки та каталоги. За місяць утворилися такі відходи:

Вид відходів	Маса, кг	Ступінь забруднення	Втрати при сортуванні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Чисті паперові обрізки	1260	низький	4	1,00
Браковані відбитки без лаку	480	середній	8	0,85
Лаковані відбитки	360	середній	14	0,65
Ламіновані обрізки	290	високий	32	0,35
Полімерна плівка	180	середній	18	0,55
Алюмінієві друкарські форми	95	низький	3	1,00
Забруднені серветки	70	високий	0	0,10

Додаткові умови:

- чисті паперові обрізки накопичуються окремо;
- частина лакованих і ламінованих відходів потрапляє до змішаного потоку;
- алюмінієві форми передаються на спеціалізоване перероблення;
- забруднені серветки розглядати як відходи з дуже низьким потенціалом рециклінгу.

Завдання 2. Порівняльний аналіз рециклінг-потенціалу різних технологій друку

Необхідно порівняти три технологічні варіанти виготовлення рекламної продукції однакового призначення.

Варіант А – офсетний друк

Вид відходів	Маса, кг	Втрати при сортуванні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Паперові обрізки	820	5	1,00
Налагоджувальні відбитки	260	10	0,80
Лаковані відбитки	190	18	0,60
Залишки фарб	45	0	0,15

Варіант Б – цифровий друк

Вид відходів	Маса, кг	Втрати при сортуванні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Паперові обрізки	610	4	1,00
Тонерні відбитки	310	16	0,55
Ламіновані відбитки	180	30	0,35
Відходи пакувальної плівки	75	20	0,50

Варіант В – флексографічний друк пакування

Вид відходів	Маса, кг	Втрати при сортуванні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Картонні висічки	740	7	0,90
Полімерні залишки	260	22	0,50
Комбіновані матеріали	210	36	0,30
Залишки фарб	55	0	0,12

Додаткові умови:

- офсетний друк має більшу частку налагоджувальних відбитків;
- цифровий друк має меншу кількість паперових відходів, але частину відходів становлять тонерні та ламіновані матеріали;
- флексографічний друк формує значну частку комбінованих пакувальних відходів.

Завдання 3. Аналіз впливу системи сортування на втрати вторинної сировини

На підприємстві розглядають три варіанти організації сортування відходів.

Сценарій А – змішане накопичення

Вид потоку	Маса, кг	Частка забруднення, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Змішаний паперово-полімерний потік	1450	38	0,42
Змішані лаковані та нелаковані відбитки	620	31	0,48
Допоміжні забруднені матеріали	130	75	0,08

Сценарій Б – часткове сортування

Вид потоку	Маса, кг	Втрати при сортуванні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Чисті паперові обрізки	890	7	1,00
Забруднений папір	420	18	0,60
Полімерні матеріали	210	25	0,50
Комбіновані відходи	180	35	0,30

Сценарій В – багаторівневе сортування

Вид потоку	Маса, кг	Втрати при сортуванні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Чистий папір	960	4	1,00
Лакований папір	280	10	0,70
Полімерна плівка	190	12	0,62
Ламіновані матеріали	160	28	0,38
Металеві форми	85	2	1,00

Додаткові умови:

- у сценарії В вводиться окреме накопичення чистого паперу, лакованого паперу, полімерів і металевих форм;
- витрати на сортування для сценарію А не враховуються, для Б становлять 2100 грн/міс, для В — 3900 грн/міс;
- необхідно оцінити не лише приріст рециклінг-потенціалу, а й доцільність ускладнення системи сортування.

Завдання 4. Оцінка впливу оздоблювальних процесів на рециклінг-потенціал

Підприємство виготовляє рекламні обкладинки наступними способами оздоблення.

Варіант оздоблення	Вид відходів	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Втрати при сортуванні, %
Без оздоблення	Чисті паперові обрізки	900	1,00	4
Водний лак	Воднолаковані відбитки	900	0,78	9
УФ-лак	УФ-лаковані відбитки	900	0,48	18

Ламінація	Ламіновані відбитки	900	0,32	35
Ламінація + УФ-лак	Комбіновані відходи	900	0,22	44

Додаткові умови:

- усі варіанти мають однакову масу відходів, але різну придатність до перероблення;
- ламіновані відходи потребують окремого накопичення;
- комбіновані відходи переважно передаються на утилізацію;
- водний лак вважається технологічно сприятливішим для подальшого перероблення.

Завдання 5. Аналіз економічної ефективності системи рециклінгу

За місяць підприємство сформувало такі потоки вторинної сировини:

Вид матеріалу	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Втрати при сортуванні, %	Ціна вторсировини, грн/кг
Чистий папір	1380	1,00	5	4,20
Картон	620	0,90	6	3,80
Полімерна плівка	260	0,55	18	6,40
Алюмінієві форми	110	1,00	2	22,00
Лаковані відбитки	340	0,60	15	2,60

Витрати

Стаття витрат	Сума, грн/міс
Сортування паперових відходів	1800
Сортування полімерів	1200
Пресування та пакування вторсировини	950
Транспортування до переробника	2100
Тимчасове зберігання	650

Додаткові умови:

- для матеріалів із коефіцієнтом нижче 0,5 дохід не розраховується;
- необхідно визначити чистий економічний ефект;
- окремо треба встановити, які матеріали формують найбільший дохід.

Завдання 6. Аналіз втрат матеріалів, непридатних до рециклінгу

На підприємстві частина відходів втрачає придатність до повторного використання через забруднення, ламінацію або змішане накопичення.

Вид відходів	Загальна маса, кг	Маса, що зберігає придатність, кг	Причина втрат
--------------	-------------------	-----------------------------------	---------------

Паперові обрізки	1100	940	часткове забруднення фарбою
Лаковані відбитки	460	290	ускладнене розділення покриття
Ламіновані матеріали	380	120	паперово-полімерна структура
Полімерна плівка	210	135	забруднення клеєм
Забруднені серветки	95	8	високий рівень забруднення
Комбіновані пакувальні залишки	270	75	багатошаровий склад

Додаткові умови:

- матеріали, що не зберігають придатність, передаються на утилізацію або захоронення;
- найбільшу увагу потрібно приділити причинам втрати рециклінг-потенціалу;
- необхідно визначити частку безповоротних втрат для кожної групи.

Завдання 7. Порівняльний аналіз рециклінг-потенціалу пакувальних рішень

Підприємство розглядає три варіанти пакування для однакового типу продукції.

Варіант А – картонне пакування з водним лаком

Компонент	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Картон	760	0,92
Водний лак	40	0,75
Клейові залишки	30	0,35

Варіант Б – комбіноване пакування папір + полімер

Компонент	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Картонна основа	620	0,75
Полімерний шар	180	0,45
Клейовий шар	45	0,30

Варіант В – ламіноване пакування з УФ-лаком

Компонент	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Ламінований картон	690	0,38
УФ-лак	55	0,25
Полімерна плівка	120	0,42

Додаткові умови:

- усі варіанти мають подібне функціональне призначення;
- варіант В має найвищу декоративність, але складніший у переробленні;
- необхідно визначити, який варіант є більш доцільним з позиції рециклінгу.

Завдання 8. Оцінка впливу модернізації технології на рециклінг-потенціал

Підприємство планує замінити УФ-лак на водний лак і впровадити окреме сортування лакованих відбитків.

До модернізації

Вид відходів	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Втрати при сортуванні, %
УФ-лаковані відбитки	620	0,35	28
Залишки УФ-лаку	85	0,12	0
Забруднені серветки	70	0,08	0
Змішані паперові відходи	540	0,55	22

Після модернізації

Вид відходів	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Втрати при сортуванні, %
Воднолаковані відбитки	610	0,76	10
Залишки водного лаку	60	0,28	0
Забруднені серветки	45	0,10	0
Відсортовані паперові відходи	560	0,88	7

Додаткові умови:

- витрати на модернізацію у межах лабораторної роботи не враховуються;
- необхідно оцінити лише зміну рециклінг-потенціалу та структури відходів;
- необхідно визначити приріст маси потенційної вторинної сировини.

Завдання 9. Розрахунок інтегрального показника екологічної ефективності рециклінгу

Для аналізу подано матеріальні потоки з різним рівнем рециклінг-придатності та екологічної безпеки.

Вид відходів	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Коефіцієнт екологічної безпеки	Частка змішаного накопичення, %
Чистий папір	980	1,00	1,00	5
Лаковані відбитки	420	0,62	0,82	18
Ламіновані відходи	310	0,34	0,60	35
Полімерна плівка	230	0,52	0,72	22
Залишки фарб	90	0,10	0,35	0
Алюмінієві форми	120	1,00	0,95	2

Забруднені серветки	65	0,06	0,30	0
---------------------	----	------	------	---

Додаткові умови:

- чим нижчий коефіцієнт екологічної безпеки, тим складніше поводження з відходом;
- змішане накопичення зменшує фактичний рециклінг-потенціал;
- необхідно визначити матеріальні потоки, які погіршують інтегральний екологічний показник.

Завдання 10. Комплексний аналіз рециклінг-потенціалу поліграфічного підприємства

Підприємство виготовляє журнальну, рекламну та пакувальну продукцію. За місяць утворилися такі відходи:

Вид відходів	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Втрати при сортуванні, %	Ціна вторсировини, грн/кг	Вартість утилізації, грн/кг
Чисті паперові обрізки	1640	1,00	5	4,20	0
Браковані відбитки	720	0,78	10	3,10	0
Лаковані відбитки	480	0,58	17	2,40	0
Ламіновані матеріали	360	0,32	38	1,10	3,60
Полімерна плівка	240	0,54	24	6,20	0
Залишки фарб	95	0,10	0	0	14,00
Забруднені серветки	80	0,06	0	0	9,50
Алюмінієві форми	130	1,00	2	21,00	0
Картонна тара	420	0,90	6	3,60	0

Додаткові витрати системи рециклінгу

Стаття витрат	Сума, грн/міс
Сортування паперових відходів	2400
Сортування полімерних матеріалів	1350
Пресування вторинної сировини	1100
Транспортування	2800
Тимчасове зберігання	900

Додаткові умови:

- матеріали з коефіцієнтом рециклінг-придатності нижче 0,25 не реалізуються як вторинна сировина;
- для таких матеріалів враховується лише вартість утилізації;
- необхідно визначити загальний рециклінг-потенціал, масу фактичної вторинної сировини, чистий економічний ефект та напрями підвищення показників.

Завдання 11. Аналіз впливу забруднення відходів на фактичний рециклінг-потенціал

На поліграфічному підприємстві виконано аналіз забруднення відходів, що формуються у процесі друку та післядрукарської обробки.

Вид відходів	Маса, кг	Рівень забруднення	Втрати вторинної сировини через забруднення, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Чисті паперові обрізки	1420	низький	4	1,00
Лаковані відбитки	520	середній	16	0,62
Ламіновані матеріали	360	високий	38	0,30
Полімерна плівка з клеєм	240	високий	27	0,42
Залишки фарб	110	високий	100	0,08
Забруднені серветки	85	високий	100	0,05
Алюмінієві форми	130	низький	2	1,00

Додаткові умови

- частина лакованих відбитків змішується з чистими паперовими обрізками;
- полімерна плівка містить залишки адгезивів;
- залишки фарб не передаються на повторне використання;
- необхідно визначити масу вторинної сировини, втраченої через забруднення.

Завдання 12. Оцінка рециклінг-потенціалу змішаних і комбінованих відходів

На підприємстві утворюються багатошарові та змішані матеріальні потоки.

Вид комбінованого відходу	Маса, кг	Матеріальний склад	Втрати при розділенні, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Ламінований картон	640	картон + полімер	34	0,38
Самоклеюча етикетка	290	папір + клей + полімер	42	0,28
Комбіноване пакування	410	картон + фольга + полімер	51	0,18
Багатошарова плівка	220	полімери різних типів	39	0,32
Лаковані рекламні матеріали	370	папір + УФ-лак	21	0,58

Додаткові умови

- комбіновані відходи накопичуються разом;
- частина матеріалів не підлягає механічному розділенню;
- підприємство не має окремої лінії сортування комбінованих матеріалів;
- необхідно оцінити вплив комбінованих структур на загальний рециклінг-потенціал.

Завдання 13. Порівняння базового та оптимізованого сценаріїв поводження з відходами

Базовий сценарій

Вид відходів	Маса, кг	Частка змішаного накопичення, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Паперові обрізки	1580	26	0,76
Лаковані відбитки	520	31	0,52
Полімерна плівка	280	34	0,45

Оптимізований сценарій

Вид відходів	Маса, кг	Частка змішаного накопичення, %	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Паперові обрізки	1580	8	0,96
Лаковані відбитки	520	12	0,66
Полімерна плівка	280	14	0,60
Ламіновані матеріали	340	29	0,36

Додаткові умови

- в оптимізованому сценарії введено роздільне накопичення;
- лаковані та нелаковані матеріали накопичуються окремо;
- комбіновані матеріали сортуються перед передачею на утилізацію;
- необхідно визначити приріст маси вторинної сировини.

Завдання 14. Оцінка впливу технологічних операцій на втрату вторинної сировини

Технологічна операція	Маса відходів, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Частка втрати вторинної сировини, %
Офсетний друк	1240	0,88	8
УФ-лакування	520	0,48	24
Ламінація	470	0,30	42
Віскання	680	0,82	11
Склеювання	190	0,26	47

Додаткові умови

- після ламінації частина паперових матеріалів переходить у комбіновані;
- клейові залишки не підлягають повторному використанню;
- УФ-лак ускладнює механічне розділення волокон;
- необхідно визначити технологічні етапи з найбільшими втратами рециклінг-потенціалу.

Завдання 15. Розрахунок потенціалу заміни матеріалів для підвищення рециклінг-придатності

Чинні матеріали

Матеріал	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності
----------	----------	----------------------------------

УФ-лакований картон	820	0,42
Полімерна ламінація	310	0,28
Сольвентний клей	95	0,12

Альтернативні матеріали

Матеріал	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності
Картон з водним лаком	820	0,76
Біополімерна плівка	310	0,52
Водорозчинний клей	95	0,34

Додаткові умови

- функціональне призначення матеріалів залишається однаковим;
- альтернативні матеріали мають вищу вартість;
- необхідно оцінити приріст рециклінг-потенціалу після заміни матеріалів.

Завдання 16. Оцінка логістичних втрат у системі рециклінгу

Етап логістики	Маса вторсировини до етапу, кг	Втрати, %	Причина втрат
Внутрішнє накопичення	2480	6	змішування потоків
Внутрішнє транспортування	2331	4	пошкодження та забруднення
Тимчасове зберігання	2238	9	зволоження та деформація
Завантаження	2036	3	механічні втрати
Транспортування до переробника	1975	2	втрати при перевезенні

Додаткові умови

- паперові та полімерні матеріали транспортуються спільно;
- частина паперових відходів накопичується без пресування;
- при зберіганні полімерна плівка забруднюється пилом;
- необхідно визначити фактичну масу вторинної сировини після логістичних втрат.

Завдання 17. Оцінка рециклінг-потенціалу за різних обсягів виробництва

Малий наклад

Показник	Значення
Наклад	5 тис. прим.
Загальна маса відходів	860 кг
Частка пробних відбитків	18 %
Коефіцієнт рециклінг-придатності	0,66

Середній наклад

Показник	Значення	Показник
Наклад	25 тис. прим.	Наклад
Загальна маса відходів	2140 кг	Загальна маса відходів
Частка пробних відбитків	10 %	Частка пробних відбитків

Коефіцієнт рециклінг-придатності	0,74	Коефіцієнт рециклінг-придатності
----------------------------------	------	----------------------------------

Великий наклад

Показник	Значення
Наклад	120 тис. прим.
Загальна маса відходів	6840 кг
Частка пробних відбитків	4 %
Коефіцієнт рециклінг-придатності	0,82

Додаткові умови

- зі збільшенням накладу зменшується частка налагоджувальних відбитків;
- великі накладки мають стабільніший технологічний режим;
- необхідно визначити залежність між масштабом виробництва та ефективністю рециклінгу.

Завдання 18. Аналіз екологічного ефекту від підвищення рециклінг-потенціалу

До впровадження заходів

Вид відходів	Передається на рециклінг, кг
Паперові відходи	1280
Полімерні матеріали	210
Ламіновані матеріали	60
Металеві форми	95

Після впровадження заходів

Вид відходів	Передається на рециклінг, кг
Паперові відходи	1540
Полімерні матеріали	310
Ламіновані матеріали	140
Металеві форми	95

Додаткові умови

- після впровадження заходів введено багаторівневе сортування;
- чисті паперові відходи накопичуються окремо;
- необхідно визначити зміну структури потоків утилізації та рециклінгу.

Завдання 19. Формування системи показників для моніторингу рециклінг-потенціалу

На підприємстві ведеться щомісячний облік таких показників:

Показник	Значення
Загальна маса відходів	4820 кг
Маса вторинної сировини	3210 кг
Частка змішаних відходів	24 %
Частка забруднених паперових відходів	18 %
Частка комбінованих матеріалів	16 %
Частка відходів, переданих на утилізацію	21 %
Частка повторного використання тари	12 %

Втрати при сортуванні	9 %
-----------------------	-----

Додаткові умови

- підприємство не має інтегрального показника оцінювання;
- відсутній контроль динаміки змішаних відходів;
- необхідно сформувати систему показників моніторингу рециклінг-потенціалу.

Завдання 20. Формування комплексної програми підвищення рециклінг-потенціалу підприємства

Поточна структура відходів підприємства:

Вид відходів	Маса, кг	Коефіцієнт рециклінг-придатності	Частка змішаного накопичення, %
Чисті паперові обрізки	1820	1,00	6
Лаковані відбитки	620	0,58	24
Ламіновані матеріали	410	0,28	46
Полімерна плівка	270	0,50	19
Комбіноване пакування	340	0,22	52
Залишки фарб	120	0,10	0
Клейові залишки	95	0,12	0
Алюмінієві форми	145	1,00	2

Поточні показники системи

Показник	Значення
Інтегральний рециклінг-потенціал	0,58
Частка вторинної сировини	63 %
Частка змішаних відходів	27 %
Частка відходів, що передаються на утилізацію	22 %
Витрати на сортування	5400 грн/міс
Дохід від вторинної сировини	18600 грн/міс

Додаткові умови

- підприємство планує скоротити частку змішаних відходів;
- розглядається заміна УФ-лаку на водний;
- планується впровадження окремого накопичення комбінованих матеріалів;
- необхідно сформувати комплекс заходів для підвищення рециклінг-потенціалу підприємства.

Лабораторна робота №4

ТЕМА: РОЗРАХУНОК ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІДХОДІВ

1. Мета роботи: ознайомитися з методикою визначення кількісних показників утворення поліграфічних відходів та виконати розрахунок екологічного навантаження на навколишнє середовище з урахуванням маси, структури та способів поводження з відходами поліграфічного виробництва.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук із програмним забезпеченням для виконання інженерних і розрахунково-аналітичних операцій;
- табличний процесор Microsoft Excel, Google Sheets або аналогічне програмне забезпечення для оброблення результатів розрахунків, побудови таблиць і графічного аналізу даних;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- вихідні дані щодо матеріальних потоків, структури відходів, коефіцієнтів утворення відходів, рециклінг-придатності та екологічної небезпеки матеріалів;
- розрахункові таблиці для визначення: маси відходів; інтегрального рециклінг-потенціалу; питомого екологічного навантаження; втрат вторинної сировини; ефективності систем сортування та рециклінгу;
- довідкові дані щодо: коефіцієнтів рециклінг-придатності поліграфічних матеріалів; коефіцієнтів екологічної небезпеки; рівнів втрат вторинної сировини при сортуванні та транспортуванні;
- класифікаційні характеристики поліграфічних відходів і вторинної сировини;
- калькулятор або програмні засоби автоматизації інженерних розрахунків;
- зразки поліграфічної продукції та матеріалів (папір, картон, лаковані та ламіновані відбитки, полімерні плівки, пакувальні матеріали, клейові композиції) — за наявності;
- нормативно-довідкові та навчально-методичні матеріали з питань поводження з відходами, ресурсозбереження та рециклінгу у поліграфічному виробництві.

3. Теоретичні відомості

Сучасне поліграфічне виробництво характеризується значним споживанням матеріальних ресурсів, зокрема паперу, картону, полімерних матеріалів, фарб, клеїв та допоміжних технологічних речовин. У процесі додрукарської підготовки, друку та післядрукарської обробки неминуче утворюються виробничі відходи, які можуть мати різний ступінь впливу на навколишнє середовище. До основних видів поліграфічних відходів належать обрізки паперу і картону, бракована продукція, залишки фарб і лаків, використані полімерні плівки, друкарські форми, пакувальні матеріали та інші технологічні залишки.

Екологічний вплив поліграфічного виробництва визначається не лише загальною масою утворених відходів, але й їх фізико-хімічними властивостями, здатністю до біологічного розкладання, можливістю повторного використання та потенційною токсичністю. Зокрема, паперові та картонні відходи мають відносно низький рівень екологічної небезпеки, оскільки можуть ефективно перероблятися та повторно використовуватися як вторинна сировина. Водночас полімерні матеріали та друкарські фарби можуть містити складні хімічні компоненти, що ускладнює їх утилізацію та збільшує екологічне навантаження.

Під *екологічним навантаженням відходів* розуміють інтегральний показник, який характеризує сукупний вплив відходів виробництва на навколишнє середовище з урахуванням їх кількості та ступеня екологічної небезпеки. Цей показник використовується для оцінки екологічної ефективності виробництва, порівняння різних технологічних процесів та обґрунтування заходів щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

Маса виробничих відходів залежить від обсягу використаних матеріалів і рівня технологічних втрат, що виникають під час налагодження обладнання, приладки, висікання, обрізування та інших операцій. Для кількісної оцінки утворення відходів використовується коефіцієнт утворення відходів, який визначає частку матеріалу, що не переходить у готову продукцію. Маса відходів визначається за залежністю:

$$M_{\text{в}} = M_{\text{м}} \cdot k_{\text{в}}$$

де

$M_{\text{в}}$ – маса відходів, кг;

$M_{\text{м}}$ – маса використаного матеріалу, кг;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт утворення відходів, що характеризує технологічні втрати.

Однак для оцінки реального впливу на довкілля недостатньо визначити лише масу відходів, оскільки різні матеріали мають різну екологічну небезпеку. Для цього використовується *коефіцієнт екологічної небезпеки*, який враховує здатність матеріалу до накопичення в навколишньому

середовищі, токсичність, тривалість розкладання та складність переробки. Наприклад, паперові відходи характеризуються низьким коефіцієнтом небезпеки, тоді як полімерні матеріали та фарби мають значно більший екологічний вплив через складні процеси їх деградації.

Екологічне навантаження для окремого виду матеріалу визначається за формулою:

$$E = M_e \cdot k_n$$

де

E екологічне навантаження (умовні екологічні одиниці);

k_n – коефіцієнт екологічної небезпеки матеріалу.

Сумарне екологічне навантаження від усіх видів відходів визначається як сума навантажень від кожного виду матеріалу:

$$E_{\Sigma} = \sum_{s=1}^n M_{ei} \cdot k_{ni}$$

де

n – кількість видів відходів.

Цей показник дозволяє визначити, які види матеріалів формують найбільший негативний вплив, та обґрунтувати необхідність впровадження технологічних або організаційних заходів щодо його зменшення.

Одним із найбільш ефективних способів зменшення екологічного навантаження є впровадження принципів циркулярної економіки, що передбачає повторне використання матеріалів та передачу відходів на рециклінг. У цьому випадку частина відходів повертається у виробничий цикл як вторинна сировина, що дозволяє зменшити потребу у первинних ресурсах і знизити загальний екологічний вплив виробництва. Маса відходів, що створює екологічне навантаження після рециклінгу, визначається як:

$$M'_e = M_e \cdot (1 - k_p)$$

де

k_p – коефіцієнт рециклінгу, що характеризує частку відходів, які повертаються у виробничий цикл.

Розрахунок екологічного навантаження дозволяє кількісно оцінити екологічну ефективність поліграфічного виробництва, визначити найбільш критичні джерела забруднення та обґрунтувати доцільність впровадження ресурсозберігаючих і циркулярних технологій. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологічних процесів, зменшення матеріальних втрат та підвищення екологічної безпеки поліграфічних підприємств.

ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Визначення екологічного навантаження при виготовленні книжкової продукції

Поліграфічне підприємство виготовляє книжкову продукцію тиражем 12 000 примірників. У процесі виробництва використано:

- папір – 1 250 кг;
- картон для обкладинок – 320 кг;
- друкарська фарба – 68 кг.

Коефіцієнти утворення відходів становлять:

- папір – 0,11;
- картон – 0,14;
- фарба – 0,05.

Коефіцієнти екологічної небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2;
- фарба – 4,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного виду матеріалу.
2. Розрахувати екологічне навантаження від кожного виду відходів.
3. Визначити сумарне екологічне навантаження виробництва.
4. Визначити частку кожного виду відходів у загальному екологічному навантаженні.
5. Зробити висновок щодо найбільш екологічно небезпечного виду відходів.

Завдання 2. Оцінка впливу рециклінгу паперових відходів на екологічне навантаження

Друкарня використовує 2 400 кг паперу на місяць. Коефіцієнт утворення відходів становить 0,13. Коефіцієнт екологічної небезпеки паперу – 1,0.

Передбачається впровадження системи рециклінгу, що дозволяє передавати на переробку 75 % паперових відходів.

Необхідно:

1. Визначити загальну масу паперових відходів.
2. Визначити екологічне навантаження без рециклінгу.
3. Визначити масу відходів, що залишаться після рециклінгу.
4. Розрахувати нове значення екологічного навантаження.
5. Визначити відсоток зменшення екологічного навантаження.

Завдання 3. Порівняльний аналіз екологічного навантаження при використанні різних матеріалів пакування

Поліграфічне підприємство виготовляє пакування, використовуючи два види матеріалів:

Варіант 1 – картон:

- використано – 780 кг;
- коефіцієнт відходів – 0,15;
- коефіцієнт небезпеки – 1,2.

Варіант 2 – полімерний матеріал:

- використано – 420 кг;
- коефіцієнт відходів – 0,08;
- коефіцієнт небезпеки – 3,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів для кожного матеріалу.
2. Розрахувати екологічне навантаження для кожного матеріалу.
3. Визначити питомий екологічний вплив на 1 кг використаного матеріалу.
4. Визначити, який матеріал створює більше екологічне навантаження.
5. Обґрунтувати доцільність використання одного з матеріалів з екологічної точки зору.

Завдання 4. Розрахунок екологічного навантаження поліграфічного підприємства за рік

Поліграфічне підприємство за рік використало:

- папір – 18 т;
- картон – 6,5 т;
- полімерні матеріали – 1,8 т;
- фарби – 0,7 т.

Коефіцієнти відходів:

- папір – 0,12;
- картон – 0,14;
- полімер – 0,09;
- фарба – 0,06.

Коефіцієнти небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2;
- полімер – 3,0;
- фарба – 4,0.

Необхідно:

1. Визначити річну масу відходів кожного виду.
2. Розрахувати екологічне навантаження кожного виду відходів.
3. Визначити сумарне річне екологічне навантаження.
4. Визначити відсотковий внесок кожного матеріалу.
5. Визначити, які заходи дозволять найбільш ефективно зменшити екологічний вплив.

Завдання 5. Оцінка екологічної ефективності зменшення технологічних відходів

Підприємство використовує 3 200 кг паперу на місяць. Поточний коефіцієнт відходів становить 0,14. Після оптимізації технологічного процесу коефіцієнт відходів зменшується до 0,09. Коефіцієнт екологічної небезпеки паперу – 1,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів до оптимізації.
2. Визначити масу відходів після оптимізації.
3. Розрахувати екологічне навантаження у кожному випадку.

4. Визначити зменшення екологічного навантаження.
5. Визначити річний екологічний ефект від впровадження технологічних змін.

Завдання 6. Розрахунок питомого екологічного навантаження на одиницю продукції

Друкарня виготовляє рекламні буклети тиражем 85 000 примірників. Для виробництва використано:

- папір – 960 кг;
- полімерну плівку для ламінування – 140 кг;
- фарбу – 48 кг.

Коефіцієнти утворення відходів:

- папір – 0,10;
- полімер – 0,07;
- фарба – 0,05.

Коефіцієнти екологічної небезпеки:

- папір – 1,0;
- полімер – 3,0;
- фарба – 4,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного матеріалу.
2. Розрахувати сумарне екологічне навантаження.
3. Визначити питомий показник екологічного навантаження на один примірник продукції.
4. Визначити питомий показник екологічного навантаження на 1000 примірників.
5. Зробити висновок щодо екологічної ефективності виробництва.

Завдання 7. Оцінка екологічного навантаження при зміні тиражу продукції

Поліграфічне підприємство виготовляє етикеткову продукцію. При тиражі 50 000 примірників використовується 420 кг паперу. Коефіцієнт утворення відходів становить 0,12, коефіцієнт екологічної небезпеки – 1,0.

Передбачається збільшення тиражу до 120 000 примірників, при цьому коефіцієнт відходів зменшується до 0,09 за рахунок стабілізації технологічного процесу.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів для початкового тиражу.
2. Визначити масу відходів для нового тиражу.
3. Розрахувати екологічне навантаження для обох випадків.
4. Визначити питомий показник екологічного навантаження на 1000 примірників у кожному випадку.
5. Проаналізувати вплив масштабу виробництва на екологічну ефективність.

Завдання 8. Розрахунок екологічного навантаження відходів при багатостадійному виробництві

У процесі виготовлення картонного пакування використовуються такі матеріали:

- картон – 1 450 кг;
- паперові вкладки – 260 кг;

– полімерна плівка – 190 кг.

Коефіцієнти відходів:

– картон – 0,16;

– папір – 0,11;

– полімер – 0,08.

Коефіцієнти небезпеки:

– картон – 1,2;

– папір – 1,0;

– полімер – 3,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного матеріалу.
2. Розрахувати екологічне навантаження кожного виду відходів.
3. Визначити сумарне екологічне навантаження.
4. Визначити частку полімерних відходів у загальному екологічному навантаженні.
5. Обґрунтувати доцільність зменшення використання полімерних матеріалів.

Завдання 9. Визначення екологічного ефекту від повторного використання виробничих відходів

Друкарня використовує 1 800 кг картону. Коефіцієнт утворення відходів становить 0,15. Коефіцієнт екологічної небезпеки – 1,2.

Передбачається, що 40 % відходів можуть бути повторно використані у виробництві допоміжної продукції.

Необхідно:

1. Визначити загальну масу відходів.
2. Визначити масу відходів, що повторно використовуються.
3. Визначити масу відходів, що створюють екологічне навантаження.
4. Розрахувати екологічне навантаження до і після повторного використання.
5. Визначити відсоток зменшення екологічного навантаження.

Завдання 10. Комплексна оцінка екологічного навантаження друкарської дільниці

Друкарська дільниця за місяць використовує:

– папір – 2 200 кг;

– картон – 740 кг;

– фарбу – 95 кг.

Коефіцієнти утворення відходів:

– папір – 0,12;

– картон – 0,14;

– фарба – 0,06.

Коефіцієнти екологічної небезпеки:

– папір – 1,0;

– картон – 1,2;

– фарба – 4,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного виду.

2. Визначити сумарну масу відходів.
3. Розрахувати екологічне навантаження кожного виду відходів.
4. Визначити сумарне екологічне навантаження ділянки.
5. Визначити матеріал, який формує найбільше екологічне навантаження, та пояснити причину.

Завдання 11. Розрахунок екологічного навантаження при виготовленні багатокомпонентної поліграфічної продукції

У процесі виготовлення ламінованих рекламних каталогів використано:

- папір – 1 480 кг;
- картон для обкладинок – 420 кг;
- полімерна плівка – 210 кг;
- фарба – 72 кг.

Коефіцієнти утворення відходів:

- папір – 0,11;
- картон – 0,15;
- полімер – 0,08;
- фарба – 0,05.

Коефіцієнти екологічної небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2;
- полімер – 3,0;
- фарба – 4,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного виду матеріалу.
2. Розрахувати екологічне навантаження кожного виду відходів.
3. Визначити сумарне екологічне навантаження.
4. Визначити відсотковий внесок кожного матеріалу.
5. Визначити матеріал, що створює найбільше екологічне навантаження.

Завдання 12. Оцінка річного екологічного навантаження поліграфічної ділянки

Поліграфічна ділянка використовує щомісячно:

- папір – 1 650 кг;
- картон – 540 кг;
- полімерні матеріали – 120 кг.

Коефіцієнти утворення відходів:

- папір – 0,12;
- картон – 0,14;
- полімер – 0,09.

Коефіцієнти небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2;
- полімер – 3,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів за місяць.

2. Визначити масу відходів за рік.
3. Розрахувати річне екологічне навантаження.
4. Визначити питомий показник екологічного навантаження на місяць.
5. Зробити висновок щодо річного екологічного впливу виробництва.

Завдання 13. Розрахунок екологічного навантаження з урахуванням часткового рециклінгу

Друкарня використовує:

- папір – 2 800 кг;
- картон – 960 кг.

Коефіцієнти утворення відходів:

- папір – 0,13;
- картон – 0,15.

Коефіцієнти небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2.

Передається на рециклінг:

- папір – 70 % відходів;
- картон – 60 % відходів.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного матеріалу.
2. Визначити масу відходів після рециклінгу.
3. Розрахувати екологічне навантаження до рециклінгу.
4. Розрахувати екологічне навантаження після рециклінгу.
5. Визначити відсоток зменшення екологічного навантаження.

Завдання 14. Визначення питомого екологічного навантаження на 1 т готової продукції

Для виготовлення 4,5 т поліграфічної продукції використано:

- папір – 5,2 т;
- картон – 1,3 т;
- фарбу – 0,18 т.

Коефіцієнти відходів:

- папір – 0,11;
- картон – 0,14;
- фарба – 0,05.

Коефіцієнти небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2;
- фарба – 4,0.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного матеріалу.
2. Розрахувати сумарне екологічне навантаження.
3. Визначити питомий показник екологічного навантаження на 1 т продукції.
4. Порівняти отримане значення з масою готової продукції.
5. Зробити висновок щодо ефективності використання матеріалів.

Завдання 15. Аналіз екологічного ефекту зменшення використання полімерних матеріалів

Поліграфічне підприємство використовує 380 кг полімерної плівки. Коефіцієнт утворення відходів становить 0,08, коефіцієнт небезпеки – 3,0.

Після зміни технології використання полімеру зменшилось до 240 кг, а коефіцієнт відходів – до 0,06.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів до впровадження змін.
2. Визначити масу відходів після змін.
3. Розрахувати екологічне навантаження в обох випадках.
4. Визначити абсолютне зменшення екологічного навантаження.
5. Визначити відносне зменшення у відсотках.

Завдання 16. Комплексна оцінка екологічного навантаження підприємства та визначення коефіцієнта екологічної ефективності

Поліграфічне підприємство використовує:

- папір – 3 400 кг;
- картон – 1 150 кг;
- полімер – 320 кг;
- фарбу – 110 кг.

Коефіцієнти відходів:

- папір – 0,12;
- картон – 0,15;
- полімер – 0,09;
- фарба – 0,05.

Коефіцієнти небезпеки:

- папір – 1,0;
- картон – 1,2;
- полімер – 3,0;
- фарба – 4,0.

Передбачається, що 65 % відходів передається на рециклінг.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів кожного виду.
2. Визначити сумарне екологічне навантаження без рециклінгу.
3. Визначити екологічне навантаження після рециклінгу.
4. Розрахувати коефіцієнт екологічної ефективності:

$$K_{ef} = \frac{E_{до}}{E_{після}}$$

5. Зробити висновок щодо ефективності впровадження рециклінгу.

Завдання 17. Порівняльний аналіз екологічного навантаження при використанні різних технологій друку

Поліграфічне підприємство планує виготовити рекламну продукцію накладом 60 000 примірників. Розглядаються три технологічні варіанти.

Технологія друку	Матеріал	Маса використаного матеріалу, кг	Коефіцієнт утворення відходів	Коефіцієнт екологічної небезпеки	Частка рециклінгу, %
Офсетний друк	Папір	1850	0,11	1,0	70
Офсетний друк	Фарба	82	0,05	4,0	0
Цифровий друк	Папір	1620	0,09	1,0	65
Цифровий друк	Тонерні відходи	46	0,06	3,5	0
Флексографічний друк	Картон	1740	0,13	1,2	60
Флексографічний друк	Полімерні матеріали	210	0,08	3,0	35
Флексографічний друк	Фарба	64	0,05	4,0	0

Додаткові умови:

- для всіх варіантів наклад вважається однаковим;
- рециклінг враховується лише для паперу, картону та полімерних матеріалів;
- фарбові та тонерні відходи повністю створюють екологічне навантаження;
- питома екологічне навантаження визначати на 1000 примірників продукції.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів для кожної технології друку.
2. Розрахувати екологічне навантаження без урахування рециклінгу.
3. Визначити екологічне навантаження після рециклінгу.
4. Порівняти питома екологічне навантаження на 1000 примірників продукції.
5. Визначити технологію, що забезпечує менший екологічний вплив, та обґрунтувати отримані результати.

Завдання 18. Оцінка впливу структури матеріалів на екологічне навантаження поліграфічної продукції

Підприємство виготовляє три варіанти пакування для однакового виду продукції. Маса партії готової продукції – 2,8 т.

Варіант пакування	Матеріал	Маса використаного матеріалу, кг	Коефіцієнт утворення відходів	Коефіцієнт екологічної небезпеки	Коефіцієнт рециклінгу
Варіант А – картонне пакування	Картон	2450	0,12	1,2	0,70
Варіант А – картонне пакування	Фарба	38	0,05	4,0	0
Варіант Б – ламіноване пакування	Картон	2260	0,13	1,2	0,55

Варіант Б – ламіноване пакування	Полімерна плівка	180	0,08	3,0	0,30
Варіант Б – ламіноване пакування	Фарба	42	0,05	4,0	0
Варіант В – комбіноване пакування	Картон	1980	0,14	1,2	0,45
Варіант В – комбіноване пакування	Полімерний шар	260	0,09	3,0	0,20
Варіант В – комбіноване пакування	Клейові матеріали	74	0,06	3,5	0
Варіант В – комбіноване пакування	Фарба	48	0,05	4,0	0

Додаткові умови:

- картонне пакування має найпростішу матеріальну структуру;
- ламіноване пакування має вищу стійкість до вологи, але гіршу придатність до рециклінгу;
- комбіноване пакування містить полімерний і клейовий компоненти, які ускладнюють перероблення;
- екологічне навантаження розраховувати до та після рециклінгу.

Необхідно:

1. Визначити масу відходів для кожного виду пакування.
2. Розрахувати екологічне навантаження до та після рециклінгу.
3. Визначити внесок полімерних компонентів у сумарне екологічне навантаження.
4. Порівняти екологічну ефективність різних конструкцій пакування.
5. Сформулювати висновок щодо доцільності використання різних матеріальних структур пакування.

Завдання 19. Комплексна оцінка екологічного навантаження з урахуванням сортування відходів

На підприємстві порівнюються три системи поводження з відходами.

Сценарій А – змішане накопичення

Вид відходів	Маса відходів, кг	Коефіцієнт екологічної небезпеки	Коефіцієнт рециклінгу	Втрати вторинної сировини при сортуванні, %
Паперові відходи	1240	1,0	0,35	28
Картонні відходи	460	1,2	0,30	30

Полімерні матеріали	210	3,0	0,10	45
Фарбові залишки	56	4,0	0	0

Сценарій Б – часткове сортування

Вид відходів	Маса відходів, кг	Коефіцієнт екологічної небезпеки	Коефіцієнт рециклінгу	Втрати вторинної сировини при сортуванні, %
Паперові відходи	1240	1,0	0,60	14
Картонні відходи	460	1,2	0,55	16
Полімерні матеріали	210	3,0	0,25	28
Фарбові залишки	56	4,0	0	0

Сценарій В – багаторівневе сортування

Вид відходів	Маса відходів, кг	Коефіцієнт екологічної небезпеки	Коефіцієнт рециклінгу	Втрати вторинної сировини при сортуванні, %
Паперові відходи	1240	1,0	0,78	6
Картонні відходи	460	1,2	0,72	8
Полімерні матеріали	210	3,0	0,40	15
Фарбові залишки	56	4,0	0	0

Додаткові умови:

- фактичний коефіцієнт рециклінгу визначати з урахуванням втрат вторинної сировини при сортуванні;
- фарбові залишки не передаються на рециклінг;
- порівняння виконати за сумарним та питомим екологічним навантаженням;
- за базу порівняння прийняти сценарій А.

Необхідно:

1. Визначити фактичну масу відходів, що створюють екологічне навантаження.
2. Розрахувати сумарне екологічне навантаження для кожної системи сортування.
3. Визначити зміну питомого екологічного навантаження залежно від рівня сортування.
4. Оцінити вплив втрат вторинної сировини на загальний екологічний показник.
5. Визначити систему поводження з відходами, що забезпечує найкращу екологічну ефективність.

Завдання 20. Формування комплексної програми зниження екологічного навантаження поліграфічного підприємства

Поліграфічне підприємство виготовляє книжкову, рекламну та пакувальну продукцію. За місяць використано такі матеріали:

Матеріал	Маса використаного матеріалу, кг	Коефіцієнт утворення відходів	Коефіцієнт екологічної небезпеки	Поточний коефіцієнт рециклінгу
Папір	4200	0,12	1,0	0,62
Картон	1380	0,14	1,2	0,55
Полімерна плівка	360	0,08	3,0	0,24
Фарба	125	0,06	4,0	0
Клейові матеріали	95	0,05	3,5	0
Ламіновані матеріали	480	0,10	3,2	0,18

Підприємство розглядає такі заходи:

Захід	Очікувана зміна
Роздільне сортування паперу і картону	підвищення коефіцієнта рециклінгу паперу до 0,78, картону до 0,70
Окреме накопичення полімерної плівки	підвищення коефіцієнта рециклінгу полімерів до 0,42
Зменшення ламінованих матеріалів на 25 %	зниження маси використаних ламінованих матеріалів
Оптимізація налагодження друку	зниження коефіцієнта відходів паперу з 0,12 до 0,09
Контроль витрат фарби	зниження коефіцієнта відходів фарби з 0,06 до 0,04

Додаткові умови:

- розрахувати екологічне навантаження до впровадження заходів;
- розрахувати екологічне навантаження після впровадження заходів;
- визначити абсолютне та відносне зменшення екологічного навантаження;
- визначити, які заходи забезпечують найбільший екологічний ефект;
- сформулювати комплексну програму зниження екологічного навантаження підприємства.

Необхідно:

1. Визначити матеріали та технологічні процеси, що формують найбільше екологічне навантаження.
2. Оцінити вплив рециклінгу на зменшення сумарного екологічного навантаження.
3. Визначити резерви зниження екологічного навантаження за рахунок оптимізації матеріальних потоків.

4. Запропонувати організаційні та технологічні заходи щодо зменшення екологічного впливу виробництва.

5. Сформулювати підсумковий інженерно-екологічний висновок щодо підвищення екологічної ефективності поліграфічного підприємства.

Лабораторна робота №5

ТЕМА: РОЗРАХУНОК ВПЛИВУ НАКЛАДУ НА ОБСЯГ ВІДХОДІВ

1. Мета роботи: вивчення закономірностей утворення виробничих відходів у поліграфічному виробництві та визначення впливу величини накладу друкованої продукції на їх обсяг.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук із програмним забезпеченням для виконання розрахунків та побудови графічних залежностей;
- таблицний процесор Microsoft Excel, Google Sheets або аналогічне програмне забезпечення для оброблення розрахункових даних;
- калькулятор або програмні засоби автоматизації математичних розрахунків;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- індивідуальні варіанти вихідних даних для розрахунку впливу накладу на обсяг виробничих відходів;
- розрахункові таблиці для визначення: кількості змінних відходів; загального обсягу відходів; відносної частки відходів; маси виробничих відходів; маси відходів, придатних до рециклінгу;
- графічні засоби для побудови залежності частки відходів від величини накладу;
- довідкові дані щодо: технологічного браку; витрат паперу на приладку друкарських машин; маси аркушевих матеріалів; частки відходів, придатних до рециклінгу;
- зразки поліграфічної продукції та паперових відходів (за наявності);
- нормативно-довідкові та навчально-методичні матеріали з питань ресурсозбереження, поводження з виробничими відходами та рециклінгу у поліграфічному виробництві.

3. Теоретичні відомості

Поліграфічне виробництво належить до галузей матеріаломісткої промисловості, у яких значна частка ресурсів припадає на папір, картон, полімерні матеріали, фарби, лаки та допоміжні технологічні речовини. У процесі виготовлення друкованої продукції неминуче утворюються виробничі відходи, що зумовлені технологічними особливостями підготовки, налагодження та функціонування друкарського обладнання.

Відходами у поліграфії називають матеріальні залишки, що утворюються під час виробничого процесу і не можуть бути використані за первісним призначенням без додаткової переробки. До таких відходів належать макулатура, обрізки паперу та картону, відбитки під час налагодження друкарських машин, дефектна продукція, а також залишки пакувальних матеріалів.

Особливістю поліграфічного виробництва є те, що значна частина відходів утворюється не лише під час серійного виготовлення продукції, але й на етапі технологічної підготовки виробництва. До таких операцій належать приладка друкарських машин, налаштування фарбового апарата, встановлення друкарських форм, регулювання подачі матеріалу та перевірка якості відбитків.

У зв'язку з цим важливим фактором, що впливає на частку відходів у загальному обсязі виробництва, є величина накладу друкованої продукції.

Накладом називають загальну кількість однакових примірників друкованої продукції, які виготовляються в межах одного виробничого завдання. Наклад є одним із основних техніко-економічних показників поліграфічного виробництва, оскільки він визначає:

- обсяг витрат матеріалів;
- тривалість виробничого процесу;
- собівартість продукції;
- кількість технологічних відходів.

У поліграфії розрізняють такі види накладів:

- малий наклад – до декількох сотень або тисяч примірників;
- середній наклад – від кількох тисяч до десятків тисяч примірників;
- великий наклад – десятки тисяч і більше.

Величина накладу істотно впливає на частку відходів, оскільки певна кількість матеріалу витрачається незалежно від обсягу тиражу. Це пов'язано з тим, що під час запуску виробництва необхідно виконати ряд підготовчих операцій, які потребують використання певної кількості паперу або картону для перевірки правильності налаштування обладнання.

У поліграфії відходи можуть виникати на різних стадіях технологічного процесу. За характером їх утворення виділяють такі основні групи:

1. Пускові відходи (відходи приладки)

Виникають під час налагодження друкарського обладнання перед початком основного тиражу. До них належать відбитки, що використовуються для перевірки суміщення фарб, щільності друку та інших параметрів якості.

2. Технологічні відходи

Утворюються під час виконання основного виробничого процесу. Вони можуть бути пов'язані з нестабільністю друкарського процесу, коливанням параметрів обладнання або браком продукції.

3. Обрізні відходи

Виникають у процесі післядрукарської обробки, зокрема під час різання, фальцювання, висікання або формування книжкових блоків.

4. Дефектна продукція

До цієї групи належать вироби, що не відповідають вимогам якості та не можуть бути використані за призначенням.

З точки зору рециклінгу найбільш цінними є паперові та картонні відходи, оскільки вони можуть бути повернуті у виробничий цикл шляхом переробки макулатури.

Величина накладу безпосередньо впливає на структуру та частку відходів у загальному обсязі використаного матеріалу. При цьому слід враховувати, що частина відходів має постійний характер, тобто практично не залежить від кількості виготовлених примірників.

До таких відходів належать:

- папір, витрачений на приладку друкарської машини;
- пробні відбитки;
- матеріал для перевірки суміщення фарб;
- технологічні проби.

Ця кількість матеріалу є приблизно однаковою як для малих, так і для великих накладів.

У той же час частина відходів має змінний характер, оскільки вона пропорційно залежить від обсягу виробництва. До таких відходів належать:

- брак продукції під час тиражного друку;
- втрати матеріалу при різанні та фальцюванні;
- пошкодження продукції під час транспортування в межах виробництва.
- Таким чином, загальний обсяг відходів складається з двох складових:
- постійних відходів, які виникають незалежно від накладу;
- змінних відходів, що пропорційно збільшуються зі зростанням обсягу продукції.

При аналізі ефективності використання матеріалів важливо враховувати не лише абсолютну кількість відходів, але й їх відносну частку.

Відносна частка відходів визначається як відношення кількості відходів до загальної кількості використаного матеріалу.

Для малих накладів характерна висока частка відходів, оскільки пускові втрати становлять значну частину загального обсягу витраченого матеріалу.

Наприклад, якщо для приладки друкарської машини необхідно використати 200 аркушів паперу, то при накладі 500 примірників ця кількість становитиме значну частину витрат.

У випадку великих накладів пускові відходи залишаються приблизно такими самими, але їх частка у загальному обсязі матеріалу значно зменшується. Таким чином, зі збільшенням накладу відносний рівень відходів знижується, хоча їх абсолютна кількість може зростати.

Ця закономірність є важливим фактором при плануванні виробництва, оскільки вона впливає на економічну ефективність виготовлення друкованої продукції.

Рациональне використання матеріальних ресурсів є одним із ключових завдань сучасного поліграфічного виробництва. Зменшення кількості відходів сприяє:

- скороченню витрат паперу та інших матеріалів;
- зниженню собівартості продукції;
- зменшенню негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

У межах концепції рециклінгу важливе значення має організація збору та сортування виробничих відходів. Паперові відходи, що утворюються в поліграфії, можуть бути використані як вторинна сировина для виготовлення нових паперових матеріалів.

ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Аналіз структури виробничих відходів у поліграфічному виробництві

Проаналізувати основні джерела утворення відходів у процесі виготовлення друкованої продукції.

У ході виконання завдання студент повинен:

- визначити основні етапи технологічного процесу виготовлення друкованої продукції;
- встановити, на яких стадіях виробництва виникають відходи;
- класифікувати відходи за характером їх утворення.

Необхідно:

1. Виділити основні групи відходів (пускові, технологічні, обрізні, брак продукції).
2. Описати причини їх виникнення.
3. Пояснити, які з цих відходів є постійними, а які змінними.

У висновку необхідно обґрунтувати, чому частина відходів у поліграфічному виробництві виникає незалежно від величини накладу.

Завдання 2. Аналітичне обґрунтування впливу накладу на частку відходів

Необхідно проаналізувати залежність між величиною накладу та відносною часткою виробничих відходів.

Необхідно:

1. Розглянути два умовні приклади виробництва друкованої продукції:
 - малий наклад;
 - великий наклад.
2. Врахувати, що під час приладки друкарської машини використовується фіксована кількість аркушів паперу.
3. Порівняти частку цих втрат у загальному обсязі виробництва.

На основі проведеного аналізу необхідно:

- пояснити, чому при малих накладах відносний рівень відходів значно більший;
- довести, що зі збільшенням накладу частка пускових відходів зменшується.

Результат аналізу необхідно подати у вигляді короткого обґрунтованого висновку.

Завдання 3. Розрахунок кількості відходів при різних накладах

Необхідно визначити, як змінюється кількість відходів при виготовленні друкованої продукції з різним накладом.

Вихідні дані:

- витрати паперу на приладку друкарської машини – 200 аркушів;
- технологічний брак під час друку – 2 % від накладу.

Потрібно виконати розрахунок для трьох варіантів накладу:

- 500 примірників;
- 5000 примірників;
- 20000 примірників.

Необхідно:

1. Визначити загальну кількість відходів.
2. Розрахувати відносну частку відходів (%) для кожного варіанта накладу.
3. Порівняти отримані результати.

На основі проведених розрахунків необхідно довести, як змінюється відносний рівень відходів при зростанні накладу.

Завдання 4. Порівняльний аналіз ефективності використання матеріалу

На основі отриманих результатів розрахунків необхідно оцінити ефективність використання паперу при різних накладах.

Необхідно:

1. Визначити загальну кількість використаного паперу.
2. Встановити частку паперу, що перетворюється на готову продукцію.
3. Оцінити частку паперу, що переходить у відходи.

Результати необхідно:

- представити у вигляді таблиці;
- провести порівняльний аналіз.

У висновку потрібно обґрунтувати, чому великі накладки є більш економічно та ресурсно ефективними з точки зору використання паперу.

Завдання 5. Оцінка можливостей зменшення відходів у поліграфії

На основі проведених розрахунків та аналізу необхідно визначити можливі шляхи зменшення виробничих відходів.

Необхідно:

1. Проаналізувати, які фактори найбільше впливають на утворення відходів.
2. Запропонувати технологічні заходи для їх зменшення.

Зокрема необхідно розглянути:

- удосконалення процесу приладки друкарських машин;
- застосування сучасних систем автоматичного контролю якості;
- оптимізацію накладу продукції;
- організацію збору та рециклінгу паперових відходів.

У висновку потрібно обґрунтувати, як зменшення відходів сприяє підвищенню ефективності поліграфічного виробництва та зниженню його негативного впливу на довкілля.

Завдання 6. Побудова графічної залежності частки відходів від величини накладу

На основі результатів розрахунків, отриманих у попередніх завданнях, необхідно дослідити графічну залежність між величиною накладу друкованої продукції та відносною часткою виробничих відходів.

Для цього необхідно:

1. Скласти таблицю значень для різних накладів (наприклад: 500, 1000, 5000, 10000, 20000 примірників).
2. Для кожного варіанта визначити відносну частку відходів (%).
3. Побудувати графік залежності частки відходів від величини накладу.

Після побудови графіка необхідно:

- проаналізувати характер отриманої залежності;
- пояснити, чому при збільшенні накладу крива наближається до певного граничного значення.

У висновку слід пояснити фізичну та технологічну природу цієї закономірності.

Завдання 7. Дослідження впливу приладки друкарської машини на обсяг відходів

Необхідно проаналізувати, як кількість аркушів, витрачених на приладку друкарської машини, впливає на загальний обсяг відходів.

Для виконання завдання потрібно розглянути три варіанти приладки:

- 150 аркушів;
- 250 аркушів;
- 400 аркушів.

Розрахунок виконати для накладу 5000 примірників.

Необхідно:

1. Визначити загальну кількість відходів для кожного варіанта.
2. Розрахувати відносну частку відходів.
3. Порівняти результати.

У висновку необхідно обґрунтувати, як точність налагодження друкарського обладнання впливає на економічність виробництва.

Завдання 8. Аналіз впливу технологічного браку на обсяг відходів

У процесі тиражного друку частина продукції може бути визнана бракованою через технологічні відхилення.

Необхідно дослідити, як зміна рівня технологічного браку впливає на загальний обсяг відходів.

Розглянути три варіанти браку:

- 1 % від накладу;
- 2 % від накладу;
- 4 % від накладу.

Розрахунок виконати для накладу 10000 примірників.

Потрібно:

1. Визначити кількість бракованих аркушів.
2. Обчислити загальний обсяг відходів.
3. Порівняти отримані результати.

На основі аналізу необхідно пояснити, чому навіть незначне збільшення браку може призвести до істотного зростання втрат матеріалу.

Завдання 9. Оцінка потенціалу рециклінгу виробничих відходів

Необхідно визначити, яку частину виробничих відходів можна використати як вторинну сировину.

Вихідні умови:

- загальний обсяг паперових відходів становить 1200 кг;
- придатними до переробки є 85 % відходів.

Необхідно:

1. Розрахувати кількість відходів, що можуть бути спрямовані на рециклінг.
2. Визначити кількість відходів, які не можуть бути використані повторно.
3. Проаналізувати значення вторинної переробки для зменшення навантаження на довкілля.

У висновку необхідно обґрунтувати екологічну доцільність організації системи збору та переробки макулатури у поліграфічному виробництві.

Завдання 10. Комплексний аналіз впливу накладу на ресурсну ефективність виробництва

На основі результатів усіх попередніх завдань необхідно провести узагальнюючий аналіз впливу величини накладу на ефективність використання матеріальних ресурсів у поліграфії.

Необхідно:

1. Узагальнити результати виконаних розрахунків.
2. Порівняти показники відходів для різних накладів.
3. Визначити, за яких умов використання матеріалів є найбільш ефективним.

У висновку необхідно:

- сформулювати основні закономірності впливу накладу на утворення відходів;
- пояснити, як оптимізація накладу може сприяти зменшенню втрат матеріалів;
- обґрунтувати значення таких розрахунків для впровадження принципів сталого розвитку та рециклінгу у поліграфічній галузі.

Завдання 11. Виведення узагальненої розрахункової моделі утворення відходів

Сформувати узагальнену модель (розрахунковий вираз), що описує залежність загального обсягу відходів від накладу, виділивши постійну та змінну складові.

Необхідно:

1. Запропонувати структуру моделі виду

$$W(N) = W_0 + k \cdot N,$$

де $W(N)$ – загальна кількість відходів; N – наклад; W_0 – постійні (пускові) відходи; $k \cdot N$ – змінні відходи, пропорційні накладу.

2. Пояснити фізичний зміст кожного параметра моделі.
3. На прикладі будь-яких власних розрахункових даних (з попередніх завдань) показати, як визначаються W_0 і k .

У висновку необхідно довести, що навіть за ідеального процесу (мінімальний брак) $W_0 \neq 0$ через неминучість приладки.

Завдання 12. Визначення «критичного накладу» за заданою граничною часткою відходів

Необхідно визначити мінімальний наклад, при якому відносна частка відходів не перевищує заданого граничного значення.

Вихідні умови:

- постійні відходи приладки $W_0 = 250$ арк.
- змінні втрати (брак + технологічні втрати) $k = 0,02$ (2% від накладу)
- допустима частка відходів $p_{\max} = 5\%$

Потрібно:

1. Записати формулу частки відходів $p(N)$ у відсотках.
2. Скласти нерівність $p(N) \leq p_{\max}$.
3. Розв'язати її та визначити критичний наклад $N_{\text{кр}}$.
4. Пояснити, як змінився б $N_{\text{кр}}$, якби W_0 збільшилось або k зменшився.

У висновку необхідно обґрунтувати практичний сенс критичного накладу для планування тиражів.

Завдання 13. Порівняння двох технологій друку за критерієм утворення відходів

Провести порівняльний аналіз двох технологічних сценаріїв (умовно: Технологія А і Технологія Б), використовуючи кількісні показники відходів.

Вихідні дані:

- Технологія А: $W_0 = 300$ арк., $k = 0,015$
- Технологія Б: $W_0 = 180$ арк., $k = 0,030$
- Потрібно:

1. Для накладів $N = 1000; 5000; 20000$ обчислити:
 - загальні відходи $W(N)$
 - відносну частку відходів $p(N)$, %

2. Побудувати висновок:

- яка технологія вигідніша для малих накладів;
- яка – для великих накладів;
- за якого накладу відбувається «перехід переваги» (точка, де результати приблизно рівні).

У висновку необхідно довести, що «краща технологія» може змінюватися залежно від накладу.

Завдання 14. Оптимізація структури відходів за рахунок організаційно-технологічних заходів

Запропонувати та кількісно оцінити ефект від двох заходів зі зменшення відходів:

- захід 1: зменшення відходів приладки на $\Delta W_0 = 80$ арк.
- захід 2: зменшення змінних втрат на $\Delta k = 0,005$ (на 0,5%)

Розрахунок виконати для накладу $N = 8000$.

Потрібно:

1. Обчислити початкові відходи за базовими параметрами (вибрати з попередніх завдань або прийняти $W_0=250$ арк., $k=0,02$).
2. Обчислити відходи після впровадження кожного заходу окремо.
3. Обчислити відходи після одночасного впровадження двох заходів.
4. Порівняти, який захід дає більший ефект саме для цього накладу.

У висновку необхідно обґрунтувати, чому зменшення W_0 критичніше для малих накладів, а зменшення k – для великих.

Завдання 15. Еколого-економічна інтерпретація результатів розрахунку

На основі отриманих розрахунків необхідно виконати оцінку ресурсних та економічних наслідків утворення відходів.

Вихідні умови:

- маса 1 аркуша паперу $m = 5$ г
- вартість паперу $C = 55$ грн/кг
- частка відходів, що підлягає рециклінгу $\eta = 0,85$
- ціна здачі макулатури $C_m = 3$ грн/кг (умовно)

Потрібно:

1. Перевести кількість відходів (в аркушах) у масу (кг).
2. Визначити прямі втрати вартості паперу.
3. Обчислити масу придатних до рециклінгу відходів і потенційний дохід від здачі макулатури.
4. Зробити висновок: яка частина ресурсних втрат компенсується рециклінгом і чому рециклінг не дорівнює повному усуненню втрат.

У висновку необхідно довести, що рециклінг зменшує екологічне навантаження, але не замінює заходи з попередження відходів.

Завдання 16. Формування доказового підсумкового висновку та рекомендацій

Сформувати підсумковий висновок за результатами лабораторної роботи з обов'язковим використанням числових аргументів.

Потрібно:

1. Сформулювати щонайменше 3 доведені закономірності (наприклад: як змінюється $p(N)$, роль W_0 , роль k , критичний наклад).
2. Навести щонайменше 2 числові приклади з власних розрахунків (таблиці/графіки) як доказ тверджень.

3. Запропонувати 3 практичні рекомендації для поліграфічного підприємства щодо зменшення відходів (технологічні та організаційні).

4. Показати, як ці рекомендації узгоджуються з принципами рециклінгу та сталого розвитку.

У висновку необхідно подати короткий, але доказовий підсумок: що саме впливає на відходи, як наклад змінює частку відходів, і які дії дають найбільший ефект.

Варіанти вихідних даних

№ варіанту	Наклад N, прим.	Приладка W ₀ , арк.	Брак k, %	Маса аркуша m, г	Частка рециклінгу η
1	800	180	1.5	4.8	0.85
2	1000	200	2.0	5.0	0.85
3	1200	220	2.2	5.2	0.85
4	1500	240	2.5	5.0	0.88
5	2000	260	2.0	5.3	0.88
6	3000	250	1.8	5.1	0.90
7	4000	270	2.1	5.4	0.90
8	5000	280	2.0	5.2	0.90
9	7000	300	1.9	5.5	0.90
10	9000	320	2.3	5.4	0.92
11	12000	340	2.0	5.6	0.92
12	15000	360	2.4	5.7	0.92
13	18000	380	2.2	5.5	0.93
14	20000	400	2.5	5.8	0.93
15	25000	420	2.1	5.9	0.94
16	30000	450	2.3	6.0	0.94

На основі свого варіанта студент повинен:

1. Розрахувати кількість змінних відходів

$$W_{зм} = \frac{k}{100} \cdot N$$

2. Визначити загальний обсяг відходів

$$W_{заг} = W_0 + W_{зм}$$

3. Розрахувати відносну частку відходів

$$p = \frac{W_{заг}}{N + W_0} \cdot 100\%$$

4. Визначити масу відходів

$$M = W_{заг} \cdot m$$

5. Визначити кількість відходів, придатних до рециклінгу

$$M_{rec} = \eta \cdot M$$

ТАБЛИЦЯ РОЗРАХУНКУ ОБСЯГУ ВИРОБНИЧИХ ВІДХОДІВ

№ п/п	Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення
1	Наклад продукції	N	прим.	
2	Кількість аркушів, витрачених на приладку	W ₀	арк.	
3	Частка технологічного браку	k	%	
4	Кількість змінних відходів	W _{зм}	арк.	
5	Загальна кількість відходів	W _{заг}	арк.	
6	Загальна кількість використаних аркушів	N _{заг}	арк.	
7	Відносна частка відходів	p	%	
8	Маса одного аркуша	m	г	
9	Загальна маса відходів	M	кг	
10	Частка відходів, придатних до рециклінгу	η	—	
11	Маса відходів, придатних до рециклінгу	M _{rec}	кг	

Додаткова таблиця для аналізу впливу накладу
(використовується при побудові графіка залежності)

№	Наклад N, прим.	Приладка W ₀ , арк.	Змінні відходи W _{зм} , арк.	Загальні відходи W _{заг} , арк.	Частка відходів p, %
1					
2					
3					
4					
5					

Таблиця оцінки потенціалу рециклінгу

Показник	Позначення	Значення
Загальна маса відходів	M	
Частка відходів, придатних до переробки	η	
Маса відходів, що можуть бути спрямовані на рециклінг	M _{rec}	
Маса відходів, що не підлягають рециклінгу	M _н	

Лабораторна робота №6

ТЕМА: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВІДХОДІВ

1. Мета роботи: дослідження ефективності заходів, спрямованих на зменшення обсягів виробничих відходів у поліграфічному виробництві, а також формування у студентів практичних навичок оцінювання ресурсоефективності технологічних процесів.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук;
- Microsoft Excel або інше табличне програмне забезпечення;
- калькулятор;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- індивідуальні вихідні дані для розрахунків;
- розрахункові таблиці для визначення показників утворення та зменшення відходів;
- графічні засоби для побудови діаграм і графіків;
- довідкові дані щодо маси матеріалів, рівня браку, частки рециклінгу та коефіцієнтів використання матеріалу;
- зразки поліграфічної продукції та виробничих відходів (за наявності).

3. Теоретичні відомості

Сучасний розвиток поліграфічної галузі характеризується зростанням вимог до раціонального використання матеріальних ресурсів та зменшення негативного впливу виробничих процесів на навколишнє середовище. Значна частина екологічного навантаження поліграфічних підприємств пов'язана з утворенням виробничих відходів, які виникають на різних етапах технологічного процесу — від переддрукарської підготовки до завершальних операцій післядрукарської обробки.

До основних видів відходів у поліграфічному виробництві належать паперові та картонні відходи, залишки полімерних матеріалів, використані друкарські фарби, технологічні розчинники, а також відходи пакувальних матеріалів. Найбільшу частку в структурі відходів, як правило, становлять паперові відходи, які утворюються під час налаштування друкарського обладнання, виконання приладок, розкрою матеріалів, а також у результаті браку готової продукції.

Ефективне управління відходами у поліграфічному виробництві передбачає застосування комплексу технологічних, організаційних і економічних заходів, спрямованих на мінімізацію їх утворення. До таких заходів належать оптимізація використання паперу та інших матеріалів, удосконалення технологічних режимів друку, впровадження автоматизованих систем контролю якості, а також підвищення точності планування виробничих процесів.

Одним із важливих напрямів зменшення відходів є оптимізація процесів розкрою паперу та картону, яка дозволяє максимально ефективно використовувати площу матеріалу та мінімізувати кількість технологічних обрізків. Значну роль у скороченні відходів відіграє також використання сучасного друкарського обладнання з автоматичними системами налаштування, що дозволяє зменшити кількість приладочних відбитків і, відповідно, обсяг паперових відходів.

Важливим елементом екологізації поліграфічного виробництва є повторне використання та перероблення відходів. Значна частина паперових і картонних відходів може бути передана на вторинне перероблення та використана як вторинна сировина для виготовлення нових матеріалів. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки, яка передбачає максимально можливе повернення ресурсів у виробничий цикл.

Для оцінювання ефективності заходів зі зменшення відходів використовують систему кількісних показників, серед яких важливе місце займають частка відходів у загальному обсязі використаної сировини, коефіцієнт використання матеріалу, питомі витрати матеріалів на одиницю продукції та частка відходів, переданих на рециклінг. Аналіз цих показників дозволяє визначити рівень ресурсоефективності виробництва та оцінити результативність впроваджених екологічних заходів.

Таким чином, зменшення обсягів виробничих відходів є важливим напрямом підвищення екологічної ефективності поліграфічного підприємства. Реалізація заходів, спрямованих на оптимізацію використання матеріальних ресурсів, сприяє не лише зниженню негативного впливу на довкілля, але й підвищенню економічної ефективності виробництва, зменшенню витрат на утилізацію відходів та формуванню конкурентних переваг підприємства на ринку поліграфічної продукції.

Блок формул для розв'язання завдань лабораторної роботи

Для оцінювання результативності заходів, спрямованих на зменшення відходів у поліграфічному виробництві, застосовують систему відносних, питомих та порівняльних показників. Вони дають змогу визначити рівень відходоутворення, ефективність

використання матеріалів, ступінь повторного використання відходів, а також результативність упроваджених технологічних і організаційних заходів.

1. Загальна маса відходів

Загальну масу відходів, що утворюються на окремих етапах виробництва або за окремими видами, визначають як суму всіх складових:

$$m_{\Sigma \text{відх}} = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n$$

де

$m_{\Sigma \text{відх}}$ – загальна маса відходів, кг, т;

m_1, m_2, m_n – маса відходів за окремими етапами, видами або джерелами утворення.

2. Частка окремого виду відходів у загальному обсязі

Для аналізу структури відходів визначають частку кожного виду відходів у загальній масі:

$$B_i = \frac{m_i}{m_{\text{відх}}} \cdot 100\%$$

де

B_i – частка окремого виду відходів, %;

m_i – маса окремого виду відходів, кг, т;

$m_{\Sigma \text{відх}}$ – загальна маса відходів, кг, т.

3. Частка відходів від загальної маси використаного матеріалу

Показник характеризує рівень відходоутворення у виробничому процесі:

$$B_{\text{відх}} = \frac{m_{\text{відх}}}{m_{\text{мат}}} \cdot 100\%$$

де

$B_{\text{відх}}$ – частка відходів, %;

$M_{\text{відх}}$ – маса відходів, кг, т;

$M_{\text{мат}}$ – загальна маса використаного матеріалу, кг, т.

4. Коефіцієнт використання матеріалу

Коефіцієнт використання матеріалу показує, яка частина сировини була використана корисно:

$$K_{\text{вик}} = \frac{m_{\text{мат}} - m_{\text{відх}}}{m_{\text{мат}}}$$

де

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання матеріалу.

Чим ближче значення $K_{\text{вик}}$ до 1, тим вищою є ефективність використання матеріалу.

5. Маса відходів за кількістю бракованих або приладочних аркушів

У випадках, коли відходи визначають через кількість аркушів, застосовують формулу:

$$m_{\text{відх}} = n \cdot m_{\text{арк}}$$

де

$m_{\text{відх}}$ – маса відходів, кг, г;

n – кількість аркушів, шт.;

$m_{арк}$ – маса одного аркуша, кг, г.

6. Абсолютне скорочення відходів

Для оцінювання ефекту впровадженого заходу визначають абсолютне скорочення маси відходів:

$$\Delta m_{відх} = m_{відх1} - m_{відх2}$$

де

$\Delta m_{відх}$ – абсолютне скорочення відходів, кг, т;

$m_{відх1}$ – маса відходів до впровадження заходу або в базовому варіанті;

$m_{відх2}$ – маса відходів після впровадження заходу або в порівнюваному варіанті.

7. Відносне скорочення відходів

$$P_{зм} = \frac{m_{відх1} - m_{відх}}{m_{відх1}} \cdot 100\%$$

де

$P_{зм}$ – відсоток скорочення відходів, %.

8. Питомі відходи на одиницю продукції

Для зіставлення результатів за різних обсягів продукції визначають питомі відходи:

$$q_{відх} = \frac{m_{відх}}{N}$$

де

$q_{відх}$ – питомі відходи на один примірник або один відбиток, кг/шт.;

N – кількість виготовленої продукції, шт.

9. Питомі відходи на 1000 одиниць продукції

У методичних розрахунках частіше використовують питомі відходи на 1000 примірників або відбитків:

$$q_{відх1000} = \frac{m_{відх}}{N} \cdot 100\%$$

де

$q_{відх1000}$ – питомі відходи на 1000 одиниць продукції, кг/1000 шт.

10. Частка відходів, переданих на рециклінг

Для оцінювання рівня перероблення відходів застосовують формулу:

$$B_{рец} = \frac{m_{новм}}{m_{відх}} \cdot 100\%$$

де

$B_{рец}$ – частка відходів, переданих на рециклінг, %;

$m_{рец}$ – маса відходів, переданих на вторинне перероблення, кг, т.

11. Частка відходів, повторно використаних у виробництві

$$B_{рец} = \frac{m_{повт}}{m_{відх}} \cdot 100\%$$

де

$B_{повт}$ – частка відходів, повторно використаних у виробництві, %;

$M_{повт}$ – маса відходів, повторно використаних у виробничому процесі, кг, т.

12. Сукупна частка відходів, залучених до повторного використання та рециклінгу

Для комплексної оцінки ефективності поводження з відходами визначають сумарну частку корисно використаних відходів:

$$B_{викор} = \frac{m_{повт} + m_{рец}}{m_{відх}} \cdot 100\%$$

де

$B_{викор}$ – сукупна частка відходів, повторно використаних або переданих на рециклінг, %.

13. Частка відходів, переданих на утилізацію

$$B_{утил} = \frac{m_{утил}}{m_{відх}} \cdot 100\%$$

де

$B_{утил}$ – частка відходів, переданих на утилізацію, %;

$M_{утил}$ – маса відходів, що не були повторно використані або перероблені кг, т.

14. Маса відходів, що залишилася після повторного використання

У разі потреби визначають залишкову масу відходів:

$$m_{зал} = m_{відх} - m_{повт}$$

де

$m_{зал}$ – залишкова маса відходів, кг, т.

15. Частка вторинної сировини у загальному обсязі матеріалу

Для оцінювання зміни структури сировини використовують формулу:

$$B_{втс} = \frac{m_{втс}}{m_{зал}} \cdot 100\%$$

де

$B_{втс}$ – частка вторинної сировини, %;

$M_{втс}$ – маса вторинної сировини, кг, т;

$M_{заг}$ – загальна маса використаного матеріалу, кг, т.

16. Зміна частки показника

Для визначення зміни будь-якого відносного показника використовують різницю між його кінцевим і початковим значенням:

$$\Delta B = B_2 - B_1$$

де

ΔB – зміна показника, відсоткові пункти;

B_1 – початкове значення показника, %;

B_2 – кінцеве значення показника, %.

17. Загальний накопичений ефект від поетапного впровадження заходів

Якщо заходи впроваджуються послідовно, сумарний ефект визначають відносно початкового стану:

$$\Delta m_{\Sigma} = m_{\text{відх}0} - m_{\text{відх}n}$$

де

Δm_{Σ} – загальне скорочення відходів, кг, т;

$m_{\text{відх}0}$ – маса відходів у початковому стані;

$m_{\text{відх}n}$ – маса відходів після останнього етапу впровадження заходів.

У відсотках:

$$P_{\Sigma} = \frac{m_{\text{відх}0} - m_{\text{відх}n}}{m_{\text{відх}0}} \cdot 100\%$$

18. Ефект окремого етапу впровадження заходу

Для визначення результативності кожного окремого етапу:

$$\Delta m_i = m_{\text{відх}(i-1)} - m_{\text{відх}i}$$

де

Δm_i – ефект (і)-го етапу, кг, т;

$m_{\text{відх}(i-1)}$ – маса відходів до поточного етапу;

$m_{\text{відх}i}$ – маса відходів після поточного етапу.

Подані формули становлять єдину розрахункову основу лабораторної роботи та дають змогу виконати аналіз структури відходів, оцінити рівень відходоутворення, визначити ефективність використання матеріалів, дослідити результативність повторного використання та рециклінгу відходів, а також встановити вплив окремих і комплексних заходів на зменшення виробничих втрат.

ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Дослідження структури та інтенсивності утворення відходів у поліграфічному виробництві

Під час дослідження технологічного процесу виготовлення друкованої продукції отримано дані щодо утворення відходів на різних етапах виробництва.

Етап виробництва	Маса відходів, кг
Переддрукарська підготовка	45
Налаштування друкарського обладнання	180
Основний процес друку	260
Післядрукарська обробка	95

Загальна маса використаного паперу становила 6,2 т.

Необхідно:

1. Визначити загальну масу відходів, що утворилися у виробничому процесі.

2. Розрахувати частку відходів на кожному етапі виробництва, %.
3. Визначити частку загальних відходів від маси використаного паперу, %.
4. Побудувати діаграму розподілу відходів за етапами технологічного процесу.
5. Проаналізувати, на якому етапі виникає найбільша кількість відходів, та пояснити причини цього явища.
6. Запропонувати технологічні заходи для зменшення відходів на найбільш проблемному етапі.

Завдання 2. Дослідження впливу точності налаштування друкарського обладнання на обсяг відходів

Під час експериментального дослідження роботи друкарської машини отримано такі результати:

Варіант налаштування	Кількість приладочних аркушів
Стандартне налаштування	540
Оптимізоване налаштування	310
Автоматизоване налаштування	190

Маса одного аркуша паперу становить 4,2 г.

Необхідно:

1. Визначити масу паперових відходів для кожного варіанта налаштування, кг.
2. Розрахувати зменшення маси відходів при переході від стандартного до оптимізованого налаштування.
3. Розрахувати додаткове скорочення відходів при використанні автоматизованого налаштування.
4. Визначити відсоток скорочення відходів у кожному випадку.
5. Проаналізувати роль автоматизації технологічних процесів у зменшенні відходоутворення.

Завдання 3. Дослідження ефективності різних схем розкрою паперу

Для виготовлення пакувальної продукції було розроблено три варіанти розкрою аркушевого паперу.

Варіант розкрою	Використано паперу, кг	Утворено відходів, кг
Варіант А	820	124
Варіант Б	820	96
Варіант В	820	72

Необхідно:

1. Визначити частку відходів для кожного варіанта розкрою, %.
2. Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу для кожного варіанта.
3. Визначити економію паперу при переході від варіанта А до варіанта В.
4. Проаналізувати, як оптимізація розкрою впливає на ресурсоефективність виробництва.
5. Обґрунтувати, який варіант розкрою є найбільш ефективним з екологічної та економічної точок зору.

Завдання 4. Дослідження ефективності повторного використання виробничих відходів

У процесі виробництва друкованої продукції утворилося 1,35 т паперових відходів. Частину цих відходів було використано повторно у виробничому процесі.

Напрямок використання	Маса, т
Повторне використання у виробництві	0,52
Передано на вторинне перероблення	0,63
Передано на утилізацію	0,20

Необхідно:

1. Визначити частку кожного напрямку використання відходів, %.
2. Розрахувати частку відходів, що були повторно використані або передані на рециклінг, %.
3. Оцінити загальний рівень утилізації відходів підприємства.
4. Проаналізувати ефективність системи поводження з відходами.
5. Запропонувати заходи для збільшення частки повторного використання матеріалів.

Завдання 5. Комплексна оцінка ефективності заходів зі зменшення відходів

На поліграфічному підприємстві було впроваджено комплекс заходів зі зменшення відходів, що включає оптимізацію розкрою паперу, модернізацію друкарського обладнання та впровадження системи повторного використання матеріалів.

Показник	До впровадження	Після впровадження
Використано паперу, т	9,6	9,1
Утворено відходів, т	1,42	0,88
Передано на рециклінг, т	0,74	0,76

Необхідно:

1. Визначити частку відходів від загальної маси використаного паперу у кожному випадку.
2. Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу до та після впровадження заходів.
3. Визначити відсоток скорочення відходів.
4. Оцінити зміну частки відходів, переданих на рециклінг.
5. Зробити комплексний висновок щодо ефективності впроваджених заходів зі зменшення відходів.

Завдання 6. Дослідження впливу тиражу на питомий рівень відходоутворення

У процесі виготовлення однакової друкованої продукції на тому самому обладнанні отримано дані щодо обсягу відходів для різних тиражів.

Варіант	Тираж, прим.	Загальна маса використаного паперу, кг	Маса відходів, кг
А	2 000	145	22
Б	5 000	338	31
В	10 000	655	44

Необхідно:

1. Визначити частку відходів у загальному обсязі використаного паперу для кожного варіанта, %.
2. Розрахувати питомі відходи на 1000 примірників, кг/1000 прим.

3. Порівняти отримані значення та встановити, як зміна тиражу впливає на питомий рівень відходоутворення.

4. Пояснити, чому при зростанні тиражу загальна маса відходів може збільшуватися, а питомі відходи – зменшуватися.

5. Сформулювати висновок щодо доцільності врахування тиражу при оцінюванні ефективності заходів зі зменшення відходів.

Завдання 7. Дослідження ефективності сортування відходів у виробничому процесі

На поліграфічному підприємстві до впровадження системи роздільного збирання всі відходи накопичувалися спільно. Після впровадження сортування було отримано такі результати.

Вид відходів	Загальна маса, кг	Маса, придатна до рециклінгу, кг	Вид відходів	Загальна маса, кг
Паперові	520	470	Паперові	520
Картонні	160	145	Картонні	160
Полімерні	90	52	Полімерні	90

Необхідно:

1. Визначити загальну масу відходів, кг.
2. Розрахувати частку кожного виду відходів у загальній структурі, %.
3. Визначити загальну масу відходів, придатних до рециклінгу, кг.
4. Розрахувати загальний рівень придатності відходів до рециклінгу, %.
5. Проаналізувати, які види відходів є найбільш перспективними для повторного залучення в ресурсний цикл.
6. Сформулювати висновок щодо значення сортування для підвищення ефективності системи поводження з відходами.

Завдання 8. Дослідження впливу браку післядрукарської обробки на загальний обсяг відходів

Під час виготовлення книжково-журнальної продукції вивчено втрати матеріалу на етапі післядрукарської обробки за трьома варіантами організації процесу.

Варіант	Маса напівфабрикатів, кг	Маса відходів післядрукарської обробки, кг	Варіант
А – базовий режим	780	64	А – базовий режим
Б – покращене налагодження	780	46	Б – покращене налагодження
В – автоматизований контроль	780	29	В – автоматизований контроль

Необхідно:

1. Визначити частку відходів післядрукарської обробки для кожного варіанта, %.
2. Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу для кожного варіанта.

3. Визначити абсолютне та відносне скорочення відходів при переході від варіанта А до Б та від Б до В.

4. Проаналізувати, як удосконалення процесів післядрукарської обробки впливає на загальну ефективність використання матеріалів.

5. Обґрунтувати, який із варіантів є найбільш доцільним для зменшення виробничих втрат.

Завдання 9. Дослідження результативності комплексного впровадження двох екологічних заходів

На підприємстві послідовно впроваджувалися два заходи зі зменшення відходів:

1. оптимізація розкрою паперу;
2. автоматизація налаштування друкарського обладнання.

Отримано такі дані:

Стан виробничого процесу	Використано паперу, кг	Маса відходів, кг	Стан виробничого процесу
До впровадження заходів	1 250	182	До впровадження заходів
Після 1-го заходу	1 250	136	Після 1-го заходу
Після 1-го і 2-го заходів	1 250	98	Після 1-го і 2-го заходів

Необхідно:

1. Визначити частку відходів для кожного стану виробничого процесу, %.
2. Розрахувати скорочення відходів після впровадження першого заходу, кг і %.
3. Розрахувати додаткове скорочення відходів після впровадження другого заходу, кг і %.
4. Визначити загальний ефект від комплексного впровадження двох заходів.
5. Проаналізувати, чи є доцільним поєднання кількох заходів для досягнення кращого результату.
6. Сформулювати висновок щодо синергії технологічних рішень у системі зменшення відходів.

Завдання 10. Порівняльне дослідження екологічної ефективності двох виробничих ділянок

На двох ділянках одного підприємства виготовляється однакова продукція, але з різним рівнем організації технологічного процесу.

Показник	Дільниця 1	Дільниця 2
Використано паперу, т	5,4	5,1
Утворено відходів, т	0,74	0,49
Передано на рециклінг, т	0,42	0,36
Виготовлено продукції, тис. прим.	48	47

Необхідно:

1. Визначити частку відходів від загального обсягу використаного паперу для кожної ділянки, %.
2. Розрахувати питомі відходи на 1000 примірників, кг/1000 прим.
3. Визначити частку відходів, переданих на рециклінг, %.

4. Порівняти дільниці за розрахованими показниками.
5. Встановити, яка дільниця працює ефективніше з точки зору зменшення відходів.
6. Запропонувати можливі причини відмінностей у показниках та напрями покращення роботи менш ефективної дільниці.

Завдання 11. Дослідження ефективності впровадження системи контролю витрат матеріалу

У процесі виготовлення поліграфічної продукції на підприємстві було впроваджено систему автоматичного контролю витрат паперу. Отримано такі результати виробничих спостережень.

Показник	До впровадження	Після впровадження
Використано паперу, кг	1 480	1 420
Маса відходів, кг	214	156
Обсяг виготовленої продукції, тис. прим.	12	12

Необхідно:

1. Визначити частку відходів від загального обсягу використаного паперу до і після впровадження системи контролю, %.
2. Розрахувати питомі відходи на 1000 примірників для обох варіантів.
3. Визначити скорочення маси відходів, кг та %.
4. Проаналізувати вплив системи контролю витрат матеріалу на ефективність використання ресурсів.

Завдання 12. Дослідження впливу автоматизації технологічних операцій на утворення відходів

Під час дослідження роботи друкарської дільниці отримано такі результати.

Варіант організації процесу	Використано паперу, кг	Маса відходів, кг
Ручне налаштування обладнання	910	138
Частково автоматизоване налаштування	910	96
Повністю автоматизоване налаштування	910	72

Необхідно:

1. Визначити частку відходів у кожному варіанті, %.
2. Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу для кожного варіанта.
3. Визначити зменшення відходів при переході від ручного до частково автоматизованого та повністю автоматизованого режиму.
4. Зробити висновок щодо впливу автоматизації виробничих процесів на зменшення відходів.

Завдання 13. Дослідження ефективності використання вторинної сировини

На поліграфічному підприємстві було прийнято рішення частково замінити первинний папір папером із вторинної сировини. Отримано такі результати.

Показник	До впровадження	Після впровадження
----------	-----------------	--------------------

Використано первинного паперу, т	4,8	3,1
Використано вторинного паперу, т	0,7	2,2
Маса відходів, т	0,64	0,49

Необхідно:

1. Визначити частку вторинної сировини у загальному обсязі використаного паперу до і після впровадження заходу, %.
2. Визначити частку відходів від загального обсягу використаного паперу у кожному випадку.
3. Розрахувати зменшення маси відходів, т.
4. Проаналізувати вплив використання вторинної сировини на ефективність використання матеріалів.

Завдання 14. Дослідження зміни питомого рівня відходів у процесі модернізації обладнання

Після модернізації друкарського обладнання було проведено аналіз зміни рівня відходоутворення.

Показник	До модернізації	Після модернізації
Використано паперу, кг	1 360	1 330
Утворено відходів, кг	198	122
Виготовлено продукції, тис. відбитків	24	24

Необхідно:

1. Визначити питомі відходи на 1000 відбитків до і після модернізації, кг/1000 відбитків.
2. Визначити частку відходів у загальному обсязі використаного паперу для кожного випадку.
3. Розрахувати відсоток скорочення відходів після модернізації обладнання.
4. Проаналізувати роль технічної модернізації у зменшенні виробничих втрат.

Завдання 15. Дослідження комплексного впливу декількох заходів зі зменшення відходів

На підприємстві було впроваджено три послідовні заходи:

1. оптимізацію розкрою паперу;
2. удосконалення налаштування друкарського обладнання;
3. систему повторного використання виробничих відходів.

Отримано такі результати.

Стан виробничого процесу	Використано паперу, кг	Маса відходів, кг
До впровадження заходів	1 540	248
Після оптимізації розкрою	1 540	196
Після удосконалення налаштування	1 540	152
Після впровадження повторного використання	1 540	118

Необхідно:

1. Визначити частку відходів для кожного етапу впровадження заходів, %.
2. Розрахувати скорочення відходів після кожного заходу, кг.
3. Визначити загальне скорочення відходів після впровадження всіх заходів, кг та %.
4. Проаналізувати, який із заходів дав найбільший ефект.
5. Сформулювати узагальнений висновок щодо ефективності комплексного підходу до зменшення відходів.

Завдання 16. Дослідження залежності ефективності зменшення відходів від типу технологічного втручання

На поліграфічному підприємстві для зменшення відходів було апробовано три різні заходи:

1. оптимізацію розкрою паперу;
2. автоматизацію налаштування друкарської машини;
3. удосконалення операцій післядрукарської обробки.

Отримано такі результати виробничих спостережень.

Варіант	Використано паперу, кг	Маса відходів, кг
Базовий технологічний процес	1320	214
Після оптимізації розкрою	1320	168
Після автоматизації налаштування	1320	142
Після удосконалення післядрукарської обробки	1320	156

Необхідно:

1. Визначити частку відходів для кожного варіанта, %.
2. Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу для кожного варіанта.
3. Визначити абсолютне скорочення відходів порівняно з базовим технологічним процесом, кг.
4. Визначити відносне скорочення відходів для кожного заходу, %.
5. Порівняти ефективність апробованих заходів та встановити, який із них є найбільш результативним.
6. Сформулювати висновок щодо доцільності вибору конкретного типу технологічного втручання для зменшення відходів.

Завдання 17. Дослідження впливу організації виробничого процесу на рівень відходоутворення

На двох виробничих дільницях, що виготовляють однакову друковану продукцію, зафіксовано різні показники використання матеріалів і утворення відходів.

Показник	Дільниця А	Дільниця Б
Використано паперу, кг	1680	1640
Утворено відходів, кг	236	174
Передано на рециклінг, кг	128	122
Обсяг продукції, тис. прим.	14	14

Необхідно:

1. Визначити частку відходів у загальному обсязі використаного паперу для кожної дільниці, %.
2. Розрахувати питомі відходи на 1000 примірників, кг/1000 прим.
3. Визначити частку відходів, переданих на рециклінг, %.
4. Порівняти ефективність роботи дільниць за всіма розрахованими показниками.
5. Встановити, яка дільниця є більш ефективною з точки зору зменшення відходів.
6. Запропонувати можливі організаційно-технологічні причини відмінності в отриманих результатах.

Завдання 18. Дослідження ефективності поетапного впровадження заходів зі зменшення відходів

У межах екологічної модернізації поліграфічного підприємства заходи зі зменшення відходів упроваджувалися послідовно в три етапи. Під час спостереження було отримано такі результати.

Етап виробничого процесу	Використано паперу, кг	Маса відходів, кг
Початковий стан	1460	228
Після впровадження 1-го заходу	1460	184
Після впровадження 2-го заходу	1460	149
Після впровадження 3-го заходу	1460	118

Необхідно:

1. Визначити частку відходів на кожному етапі впровадження заходів, %.
2. Розрахувати скорочення відходів після кожного етапу, кг.
3. Визначити накопичений ефект зменшення відходів порівняно з початковим станом, кг та %.
4. Проаналізувати динаміку зміни показників у процесі поетапного впровадження заходів.
5. Встановити, чи забезпечує поетапний підхід суттєве підвищення ефективності використання матеріалів.
6. Сформулювати узагальнений висновок щодо доцільності послідовного впровадження екологічних заходів.

Завдання 19. Дослідження результативності системи повторного використання та рециклінгу відходів

На поліграфічному підприємстві після вдосконалення системи поводження з відходами отримано такі дані.

Показник	Значення
Загальна маса утворених паперових відходів, кг	1180
Повторно використано у виробництві, кг	340
Передано на вторинне перероблення, кг	590
Передано на утилізацію, кг	250

Необхідно:

1. Визначити частку відходів, повторно використаних у виробництві, %.
2. Визначити частку відходів, переданих на вторинне перероблення, %.

3. Розрахувати сукупну частку відходів, що були повторно використані або передані на рециклінг, %.

4. Визначити частку відходів, що не були залучені до повторного використання, %.

5. Оцінити результативність системи поводження з відходами на підприємстві.

6. Запропонувати напрями подальшого підвищення рівня використання відходів як вторинного ресурсу.

Завдання 20. Комплексне підсумкове дослідження ефективності заходів зі зменшення відходів

На підприємстві до та після впровадження комплексу заходів зі зменшення відходів було зафіксовано такі показники.

Показник	До впровадження	Після впровадження
Використано паперу, т	6,8	6,4
Утворено відходів, т	1,02	0,61
Передано на рециклінг, т	0,48	0,46
Повторно використано у виробництві, т	0,12	0,21
Обсяг виготовленої продукції, тис. прим.	58	58

Необхідно:

1. Визначити частку відходів у загальному обсязі використаного паперу до і після впровадження заходів, %.

2. Розрахувати питомі відходи на 1000 примірників у кожному випадку, кг/1000 прим.

3. Визначити частку відходів, що були повторно використані або передані на рециклінг, до і після впровадження заходів, %.

4. Розрахувати загальне скорочення маси відходів, т та %.

5. Проаналізувати, як змінилася ефективність використання матеріалів після впровадження комплексу заходів.

6. Сформулювати розгорнутий висновок щодо результативності екологічної модернізації виробничого процесу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ТЕМА: КОМПЛЕКСНА РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА РЕЦИКЛІНГ-СТРАТЕГІЇ ПОЛІГРАФІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1. Мета роботи: оволодіння методикою розрахунку та аналітичної інтерпретації показників ефективності рециклінг-стратегії поліграфічного підприємства, зокрема коефіцієнтів рециклінгу, утилізації, відходоутворення та ресурсоефективності, з метою оцінювання екологічного стану виробництва.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук;
- Microsoft Excel або інше табличне програмне забезпечення;
- калькулятор;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- індивідуальні варіанти вихідних даних;
- розрахункові таблиці для визначення показників ефективності рециклінг-стратегії;
- довідкові дані щодо коефіцієнтів рециклінгу, утилізації, відходоутворення та ресурсоефективності;
- графічні засоби для побудови таблиць, діаграм і порівняльних схем;
- зразки поліграфічної продукції та виробничих відходів (за наявності).

3. Теоретичні відомості

Рециклінг-стратегія поліграфічного підприємства являє собою систему організаційних, технологічних та економічних заходів, спрямованих на зменшення обсягів утворення виробничих відходів, підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів, повторне використання відходів та їх повернення у виробничий цикл у вигляді вторинної сировини.

У сучасних умовах функціонування поліграфічної галузі питання раціонального використання ресурсів набувають все більшого значення у зв'язку зі зростанням вартості матеріалів, необхідністю зменшення виробничих втрат та зниження негативного впливу виробництва на навколишнє середовище. Значна частина відходів поліграфічного виробництва утворюється під час приладки друкарського обладнання, розкрою паперу й картону, післядрукарської обробки, а також унаслідок браку готової продукції. Частина таких відходів може бути використана повторно або передана на вторинне перероблення, що дозволяє зменшити споживання первинної сировини.

Формування рециклінг-стратегії поліграфічного підприємства ґрунтується на принципах циркулярної економіки, відповідно до яких матеріальні ресурси розглядаються як елементи багаторазового використання у виробничому циклі. У такій системі відходи розглядаються не лише як результат виробничих втрат, а і як потенційна вторинна сировина, придатна до подальшого використання або перероблення.

Важливим напрямом реалізації рециклінг-стратегії є підвищення ресурсоефективності виробництва. Це передбачає зменшення питомих витрат паперу, фарб, лаків, полімерних матеріалів та інших виробничих ресурсів на одиницю готової продукції. Досягнення такого результату забезпечується шляхом оптимізації технологічних процесів, удосконалення систем контролю виробництва та зменшення обсягів технологічного браку.

Не менш важливим складником рециклінг-стратегії є забезпечення екологічної безпеки виробничих процесів. У поліграфічному виробництві використовуються матеріали, що можуть мати різний ступінь впливу на довкілля, зокрема фарби, розчинники, клеї, полімерні плівки та комбіновані матеріали. Тому система поводження з відходами повинна передбачати їх належне сортування, накопичення, тимчасове зберігання та передачу на перероблення або утилізацію відповідно до чинних нормативних вимог.

Одним із принципів сучасної рециклінг-стратегії є також розширена відповідальність виробника, відповідно до якої підприємство враховує екологічні наслідки використання матеріалів та утворення відходів на всіх етапах життєвого циклу поліграфічної продукції. Такий підхід передбачає застосування матеріалів, придатних до повторного використання або рециклінгу, а також зменшення частки складних комбінованих структур, перероблення яких є ускладненим.

Комплексна оцінка рециклінг-стратегії передбачає визначення її ефективності за системою кількісних показників, що характеризують рівень утворення відходів, ступінь використання вторинної сировини, частку відходів, переданих на рециклінг, ефективність використання матеріалів та рівень повторного залучення ресурсів у виробничий цикл. Аналіз таких показників дозволяє оцінити результативність упроваджених заходів та визначити напрями подальшого вдосконалення системи поводження з відходами.

Рециклінг-стратегія поліграфічного підприємства включає кілька взаємопов'язаних напрямів, які охоплюють технологічні, організаційні та економічні аспекти управління матеріальними потоками й виробничими відходами.

Технологічна складова рециклінг-стратегії пов'язана з удосконаленням виробничих процесів та зменшенням матеріальних втрат на всіх етапах виготовлення поліграфічної продукції. Вона передбачає:

- вибір матеріалів, придатних до повторного використання або вторинного перероблення;
- оптимізацію витрат паперу, картону, фарб, лаків і допоміжних матеріалів;
- використання маловідходних технологічних процесів;
 - зменшення кількості приладочних і бракованих відбитків;
 - застосування цифрових технологій і автоматизованих систем керування виробництвом;
 - удосконалення схем розкрою матеріалів та післядрукарської обробки.

Технологічні заходи дозволяють зменшити обсяг виробничих відходів та підвищити коефіцієнт використання матеріалів.

Організаційна складова охоплює систему управління потоками відходів у межах підприємства та регламентує порядок їх обліку, сортування й подальшого використання.

До основних організаційних заходів належать:

- організація системи роздільного накопичення відходів;
- ведення обліку обсягів утворення відходів;
- контроль руху вторинної сировини;
- взаємодія з підприємствами, що здійснюють перероблення відходів;
- розроблення внутрішніх інструкцій і регламентів поводження з відходами;
- підвищення рівня виробничої дисципліни та культури сортування матеріалів.

Рациональна організація поводження з відходами сприяє підвищенню рівня їх придатності до рециклінгу та зменшенню втрат вторинної сировини.

Економічна складова рециклінг-стратегії пов'язана з оцінюванням витрат і результатів, що виникають у процесі поводження з виробничими відходами.

Вона включає:

- витрати на збирання, сортування, транспортування та утилізацію відходів;
- витрати на впровадження екологічних і ресурсозберігальних технологій;
- економію матеріальних ресурсів за рахунок повторного використання відходів;
- доходи від реалізації вторинної сировини;
- оцінку ефективності інвестицій у системи рециклінгу;

– витрати, пов’язані з недотриманням екологічних нормативів і правил поводження з відходами.

Економічний аналіз дозволяє оцінити доцільність упровадження окремих заходів та визначити їх вплив на ресурсоефективність і виробничі витрати підприємства.

3.1. Основні показники оцінки рециклінг-стратегії

Для комплексної оцінки використовують систему взаємопов’язаних показників.

1. Коефіцієнт рециклінгу

Характеризує частку відходів, що повертаються у виробництво або передаються на переробку.

$$K_r = \frac{Q_r}{Q_w}$$

де:

Q_r – маса перероблених відходів;

Q_w – загальна маса відходів.

2. Коефіцієнт утилізації відходів

Враховує як рециклінг, так і інші способи корисного використання відходів.

$$K_u = \frac{Q_r + Q_u}{Q_w}$$

де:

Q_u – маса утилізованих (неперероблюваних) відходів.

3. Коефіцієнт відходоутворення

Відображає рівень утворення відходів у виробництві.

$$K_w = \frac{Q_w}{Q_m}$$

4. Рівень ресурсоефективності

Характеризує ефективність використання матеріалів.

$$R_e = \frac{Q_p}{Q_m}$$

5. Інтегральний показник ефективності стратегії

Комплексно враховує виробничу та екологічну складові.

$$K_{int} = \frac{Q_p + Q_r}{Q_m + Q_w}$$

4. Методика комплексної оцінки

Комплексна оцінка рециклінг-стратегії включає такі етапи:

Збір вихідних даних: обсяг продукції; витрати матеріалів; кількість відходів; обсяги рециклінгу та утилізації.

Розрахунок показників: коефіцієнти рециклінгу, утилізації, відходоутворення; ресурсоефективність; інтегральний показник.

Нормування та порівняння:

- зіставлення показників із еталонними значеннями;
- оцінка відповідності сучасним екологічним вимогам.

Інтерпретація результатів:

- визначення сильних і слабких сторін стратегії;
- виявлення резервів підвищення ефективності.

5. Особливості оцінювання в поліграфії

Поліграфічне виробництво має ряд специфічних факторів:

- висока частка паперових відходів (придатних до рециклінгу);
- наявність небезпечних відходів (фарби, розчинники);
- залежність ефективності від технології друку;
- вплив конструкції продукції на можливість переробки.

У зв'язку з цим оцінювання повинно враховувати:

- структуру відходів;
- рівень їх сортування;
- можливість повторного використання матеріалів;
- впровадження екологічних технологій.

6. Використання результатів оцінки

Комплексна оцінка рециклінг-стратегії дозволяє:

- підвищити ефективність використання ресурсів;
- зменшити екологічне навантаження;
- оптимізувати витрати підприємства;
- обґрунтувати впровадження нових технологій;
- забезпечити відповідність нормативним вимогам.

Комплексна розрахункова оцінка рециклінг-стратегії є важливим інструментом управління екологічною ефективністю поліграфічного підприємства. Використання системи взаємопов'язаних показників дозволяє об'єктивно оцінити рівень ресурсоефективності, ступінь утилізації відходів і

ефективність впроваджених заходів, що є основою для формування сталого виробництва.

КОМПЛЕКСНЕ ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

На основі заданих вихідних даних необхідно виконати комплексну оцінку ефективності рециклінг-стратегії поліграфічного підприємства, що включає розрахунок системи показників, їх взаємний аналіз, виявлення слабких місць стратегії та розроблення обґрунтованих заходів її вдосконалення.

1. Розрахунковий блок (базовий рівень)

На основі варіанту вихідних даних розрахувати:

1. Коефіцієнт рециклінгу
2. Коефіцієнт утилізації відходів
3. Коефіцієнт відходоутворення
4. Рівень ресурсоефективності
5. Інтегральний показник ефективності рециклінг-стратегії

Розрахунки виконати з:

- підстановкою формул
- одиницями вимірювання
- поясненням отриманих значень

2. Аналітичний блок (системний аналіз)

На основі розрахованих показників:

- оцінити загальний рівень ефективності рециклінг-стратегії;
- визначити, які показники є критичними;
- встановити взаємозв'язки між показниками (наприклад: високі відходи → низька ефективність);
- виявити дисбаланси у виробничій системі.

Особлива увага:

- чи компенсує високий рециклінг високий рівень відходів
- чи ефективно використовуються ресурси

3. Порівняльно-оцінювальний блок

1. класифікувати отриманий варіант за рівнем ефективності:
 - високий
 - середній
 - низький
2. обґрунтувати свою оцінку на основі розрахованих показників;
3. визначити, який фактор є домінуючим (ресурси / відходи / рециклінг).

4. Блок моделювання

Виконати моделювання покращеної рециклінг-стратегії:

Змінити ОДИН або ДВА параметри:

- зменшити відходи
- збільшити обсяг рециклінгу
- зменшити витрати матеріалів

Після цього:

- повторно розрахувати мінімум 2–3 показники
- порівняти “до / після”
- оцінити ефект від змін

5. Інженерно-рекомендаційний блок

Розробити 3–5 обґрунтованих заходів, які покращують рециклінг-стратегію:

Кожен захід має містити:

- суть рішення
- на який показник впливає
- очікуваний результат
- коротке техніко-економічне обґрунтування

6. Узагальнюючі висновки

У висновках необхідно:

- оцінити ефективність існуючої стратегії;
- визначити ключові проблеми;
- показати ефект від моделювання;
- обґрунтувати доцільність запропонованих заходів.

Вимоги до оформлення

Робота повинна містити:

1. Вихідні дані
2. Формули
3. Покрокові розрахунки
4. Таблицю результатів
5. Аналітичний розділ
6. Блок моделювання (до/після)
7. Рекомендації
8. Висновки

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Позначення:

- Q_p – обсяг готової продукції, кг
- Q_m – маса використаних матеріалів, кг
- Q_w – загальна маса утворених відходів, кг
- Q_r – маса відходів, переданих на рециклінг, кг
- Q_u – маса відходів, переданих на утилізацію, кг
- Q_l – втрати / залишкові відходи, що не були ані перероблені, ані утилізовані, кг

Для всіх варіантів виконується баланс: $Q_w = Q_r + Q_u + Q_l$

Таблиця 1.

Варіанти завдань

№ варіанта	Q_p , кг	Q_m , кг	Q_w , кг	Q_r , кг	Q_u , кг	Q_l , кг
1	1000	1320	320	160	90	70
2	980	1300	320	120	110	90
3	1100	1460	360	210	90	60
4	1150	1500	350	140	140	70

5	920	1260	340	80	120	140
6	1050	1410	360	240	70	50
7	1080	1450	370	200	100	70
8	1180	1600	420	260	90	70
9	960	1280	320	70	130	120
10	1020	1360	340	220	80	40
11	1120	1490	370	180	120	70
12	1200	1660	460	300	100	60
13	970	1240	270	160	70	40
14	990	1380	390	100	150	140
15	1250	1710	460	280	110	70
16	1170	1520	350	210	90	50
17	1010	1390	380	150	120	110
18	940	1290	350	90	140	120
19	1090	1440	350	240	70	40
20	1000	1620	620	220	180	220

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

ТЕМА: РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

1. Мета роботи: формування системного підходу до оцінювання екологічної ефективності поліграфічного виробництва на основі розрахунку інтегральних і часткових показників ресурсоефективності, відходоутворення та рециклінгу, а також інтерпретації отриманих результатів для обґрунтування екологічно доцільних рішень.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук;
- Microsoft Excel або інше табличне програмне забезпечення;
- калькулятор;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- індивідуальні варіанти вихідних даних;
- розрахункові таблиці для визначення показників екологічної ефективності;
- довідкові дані щодо витрат матеріалів, енергоспоживання, утворення відходів і рівня рециклінгу;
- графічні засоби для побудови таблиць, діаграм і порівняльних залежностей;
- зразки поліграфічної продукції та виробничих відходів (за наявності).

3. Теоретичні відомості

Екологічна ефективність виробництва являє собою інтегральну характеристику, що відображає рівень раціонального використання матеріальних, енергетичних та технологічних ресурсів, а також ступінь зменшення негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище. У поліграфічному виробництві вона визначається співвідношенням між обсягом виготовленої продукції, витратами сировини, енергії, допоміжних матеріалів та кількістю відходів, що утворюються у процесі виробництва.

Особливістю поліграфічної галузі є значна матеріалоємність виробничих процесів, оскільки основну частину ресурсів становлять папір, картон, фарби, лаки, клеї, полімерні плівки та пакувальні матеріали. У процесі друку та післядрукарської обробки частина цих матеріалів переходить у виробничі відходи у вигляді обрізків, бракованих відбитків, залишків фарб і допоміжних

матеріалів. Обсяги таких відходів безпосередньо впливають на рівень використання ресурсів та загальні екологічні показники підприємства.

Оцінювання екологічної ефективності дозволяє визначити рівень ресурсоефективності виробництва, проаналізувати структуру матеріальних втрат та встановити напрями вдосконалення технологічних процесів. Такий аналіз дає можливість оцінити, наскільки ефективно використовуються матеріальні ресурси, яка частка відходів передається на повторне використання або перероблення, а також якою є частка матеріалів, що втрачаються без можливості повторного залучення у виробничий цикл.

Важливим напрямом підвищення екологічної ефективності є впровадження принципів рециклінгу та циркулярної економіки. У такій системі виробничі відходи розглядаються як потенційна вторинна сировина, придатна для повторного використання або перероблення. Це дозволяє зменшити споживання первинних ресурсів, скоротити обсяги утилізації відходів і підвищити рівень використання матеріалів.

Екологічна ефективність поліграфічного виробництва значною мірою залежить від технології друку, рівня автоматизації обладнання, організації сортування відходів, структури матеріалів та особливостей конструкції продукції. Наприклад, використання комбінованих або ламінованих матеріалів може ускладнювати процеси повторного перероблення, тоді як застосування матеріалів з однорідною структурою підвищує їх придатність до рециклінгу.

Оцінювання екологічної ефективності є важливим інструментом:

- контролю екологічного стану виробництва;
- аналізу рівня використання матеріальних ресурсів;
- оптимізації технологічних процесів;
- зменшення обсягів виробничих відходів;
- впровадження принципів рециклінгу;
- підвищення рівня ресурсоефективності;
- переходу до моделей циркулярної економіки;
- обґрунтування заходів щодо вдосконалення системи поводження з відходами.

Комплексний аналіз екологічної ефективності дозволяє оцінити взаємозв'язок між виробничими процесами, матеріальними потоками та системою рециклінгу, а також визначити напрями підвищення ефективності використання ресурсів у поліграфічному виробництві.

2. Основні показники екологічної ефективності

Для оцінювання екологічної ефективності використовують систему кількісних показників, які характеризують ресурсоспоживання, утворення відходів і рівень їх утилізації.

1. Матеріаломісткість продукції

Показує кількість матеріалів, витрачених на виробництво одиниці продукції.

$$M = \frac{Q_m}{Q_p}$$

де:

Q_m – маса використаних матеріалів;

Q_p – обсяг виготовленої продукції.

2. Енергоємність виробництва

Характеризує витрати енергії на одиницю продукції.

$$E = \frac{W}{Q_p}$$

де:

W – спожита енергія;

Q_p – обсяг продукції.

3. Коефіцієнт утворення відходів

Відображає частку відходів у загальному обсязі використаних ресурсів.

$$K_w = \frac{Q_w}{Q_m}$$

де:

Q_w – маса відходів;

Q_m – маса використаних матеріалів.

4. Коефіцієнт рециклінгу

Характеризує частку відходів, що повертаються у виробничий цикл.

$$K_r = \frac{Q_r}{Q_w}$$

де:

Q_r – маса перероблених відходів;

Q_w – загальна маса відходів.

5. Коефіцієнт екологічної ефективності

Інтегральний показник, що враховує корисну продукцію та екологічні втрати.

$$K_e = \frac{Q_p}{Q_m + Q_w}$$

3. Особливості оцінювання в поліграфії

Поліграфічне виробництво має специфічні екологічні характеристики:

- використання паперу та картону як основної сировини;
- застосування фарб, лаків і розчинників;
- утворення як безпечних (паперових), так і небезпечних відходів (хімічних);
- значний вплив допоміжних процесів (сушіння, ламінування).

У зв'язку з цим особливу увагу приділяють:

- мінімізації технологічних відходів;
- використанню вторинної сировини;
- оптимізації витрат фарб і матеріалів;
- впровадженню енергоефективних технологій.

4. Методологія розрахунку показників

Розрахунок показників екологічної ефективності здійснюється у кілька етапів:

1. Збір вихідних даних:
 - обсяг продукції;
 - витрати матеріалів;
 - споживання енергії;
 - кількість відходів.
2. Нормування показників:
 - приведення до єдиних одиниць вимірювання;
 - врахування специфіки виробництва.
3. Розрахунок окремих показників:
 - матеріаломісткість;
 - енергоємність;
 - коефіцієнти відходів і рециклінгу.
4. Аналіз результатів:
 - порівняння з нормативними або еталонними значеннями;
 - визначення відхилень;
 - формування висновків.

5. Використання результатів оцінювання

Отримані показники дозволяють:

- оцінити ефективність використання ресурсів;
- визначити “вузькі місця” у виробництві;
- обґрунтувати впровадження рециклінгу;
- підвищити екологічну безпеку виробництва;
- зменшити витрати підприємства.

Розрахунок показників екологічної ефективності є важливим інструментом оцінювання сталості поліграфічного виробництва.

Використання системи кількісних показників дозволяє комплексно оцінити вплив виробничих процесів на довкілля та сформувані обґрунтовані рішення щодо підвищення рівня рециклінгу, ресурсоефективності та екологічної безпеки.

ЗАГАЛЬНЕ КОМПЛЕКСНЕ ЗАВДАННЯ

На основі заданих вихідних даних необхідно виконати комплексну оцінку екологічної ефективності поліграфічного виробництва, розрахувавши основні показники ресурсоспоживання, відходоутворення та рівня рециклінгу, а також провести їх аналітичну інтерпретацію.

1. Розрахунковий етап

На основі отриманого варіанту вихідних даних розрахувати:

1. Матеріаломісткість продукції
2. Енергоємність виробництва
3. Коефіцієнт утворення відходів
4. Коефіцієнт рециклінгу
5. Інтегральний показник екологічної ефективності

Усі розрахунки виконати з підстановкою формул, одиницями вимірювання та поясненням.

2. Аналітичний етап

На основі отриманих результатів:

- проаналізувати рівень ресурсоефективності виробництва;
- оцінити ефективність використання матеріалів;
- визначити рівень відходоутворення;
- оцінити ефективність рециклінгу;
- виявити “проблемні зони” (надлишкові витрати, низький рециклінг тощо).

3. Порівняльний етап

- порівняти отримані показники між собою;
- встановити, який фактор найбільше впливає на екологічну ефективність;
- зробити узагальнюючу оцінку стану виробництва (високий / середній / низький рівень ефективності).

4. Інженерно-рекомендаційний етап

Розробити **не менше 3 обґрунтованих рекомендацій**, спрямованих на:

- зниження матеріаломісткості;
- зменшення утворення відходів;
- підвищення рівня рециклінгу;
- підвищення загальної екологічної ефективності.

Кожна рекомендація має містити:

- суть заходу;
- очікуваний ефект;
- на який показник вона впливає.

5. Висновки

Сформулювати узагальнені висновки, в яких:

- коротко охарактеризувати рівень екологічної ефективності;

- зазначити ключові проблеми;
- обґрунтувати доцільність запропонованих заходів.

Вимоги до оформлення

Робота повинна містити:

1. Вихідні дані (з варіанту)
2. Формули розрахунків
3. Покрокові обчислення
4. Зведену таблицю результатів
5. Аналітичну частину
6. Рекомендації
7. Висновки

Таблиця 1.

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

№	Обсяг Продукції Q_p (кг)	Матеріали Q_m (кг)	Енергія W (кВт·год)	Відходи Q_w (кг)	Перероблено Q_r (кг)
1	1000	1300	520	300	120
2	950	1250	500	300	150
3	1100	1450	580	350	200
4	1200	1500	600	300	180
5	900	1200	480	300	90
6	1000	1400	550	400	250
7	1050	1350	530	300	210
8	1150	1600	620	450	300
9	980	1280	510	300	60
10	1020	1320	540	300	270
11	1080	1380	560	300	150
12	1120	1550	610	430	320
13	970	1220	495	250	200
14	990	1400	550	410	100
15	1250	1700	650	450	350
16	1180	1480	590	300	240
17	1010	1350	525	340	170
18	930	1250	505	320	80
19	1070	1420	570	350	300
20	1000	1600	630	600	200

Лабораторна робота №9

ТЕМА: РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЦИКЛІНГУ

1. Мета роботи: набуття практичних навичок оцінювання економічної ефективності рециклінгу на поліграфічному підприємстві шляхом розрахунку обсягів відходів, придатних до переробки, доходів від реалізації вторинної сировини, витрат на організацію рециклінгу, а також визначення чистого економічного ефекту, рентабельності та терміну окупності системи рециклінгу.

2. Обладнання та матеріали

Для виконання лабораторної роботи використовуються:

- персональний комп'ютер або ноутбук;
- Microsoft Excel або інше табличне програмне забезпечення;
- калькулятор;
- методичні вказівки до лабораторної роботи;
- індивідуальні варіанти вихідних даних;
- розрахункові таблиці для визначення показників економічної ефективності рециклінгу;
- довідкові дані щодо обсягів відходів, вартості вторинної сировини, витрат на рециклінг та утилізацію;
- графічні засоби для побудови таблиць, діаграм і порівняльних залежностей;
- зразки поліграфічної продукції та виробничих відходів (за наявності).

3. Теоретичні відомості

У сучасних умовах розвитку поліграфічної галузі питання економічної доцільності впровадження систем рециклінгу набуває ключового значення, оскільки безпосередньо пов'язане з оптимізацією витрат, підвищенням ресурсної ефективності виробництва та зниженням екологічного навантаження. Поліграфічні підприємства, внаслідок специфіки технологічних процесів, генерують значні обсяги відходів, серед яких домінують паперові та картонні матеріали, полімерні плівки, а також фарбові та хімічні компоненти. Враховуючи це, рециклінг розглядається не лише як екологічний, а й як економічно обґрунтований напрям діяльності.

Економічна ефективність рециклінгу визначається як співвідношення між отриманим економічним ефектом і витратами, пов'язаними з організацією та функціонуванням системи збору, сортування, транспортування та переробки

відходів. У загальному вигляді економічний ефект може формуватися за рахунок зменшення витрат на закупівлю первинної сировини, скорочення витрат на утилізацію відходів, отримання доходу від реалізації вторинної сировини, а також за рахунок зниження екологічних платежів і штрафів.

Важливим елементом оцінювання економічної ефективності є визначення структури витрат, пов'язаних із рециклінгом. До таких витрат належать витрати на організацію роздільного збору (закупівля контейнерів, маркування, навчання персоналу), витрати на внутрішню логістику (переміщення відходів, обслуговування обладнання), витрати на транспортування до підприємств-переробників, а також витрати на попередню обробку відходів (пресування, сортування, очищення). У випадку небезпечних відходів додатково враховуються витрати на спеціальні умови зберігання та передачі ліцензованим операторам.

Економічний ефект від впровадження рециклінгу формується за кількома напрямками. По-перше, це економія матеріальних ресурсів за рахунок повторного використання відходів у виробничому процесі або їх реалізації як вторинної сировини. По-друге, це зменшення витрат на вивезення та захоронення відходів, що особливо актуально в умовах зростання тарифів на утилізацію. По-третє, це потенційне зниження екологічних платежів, пов'язаних із негативним впливом на довкілля. Крім того, впровадження ефективної системи рециклінгу може підвищити конкурентоспроможність підприємства за рахунок формування екологічно відповідального іміджу.

Для кількісного оцінювання економічної ефективності використовуються різні показники, серед яких найбільш поширеними є чистий економічний ефект, коефіцієнт ефективності та термін окупності. Чистий економічний ефект визначається як різниця між сумарним економічним ефектом і загальними витратами на рециклінг. Коефіцієнт економічної ефективності характеризує відносну величину ефекту на одиницю витрат і дозволяє порівнювати різні варіанти організації системи. Термін окупності відображає період часу, необхідний для компенсації початкових інвестицій за рахунок отриманого економічного ефекту.

У контексті поліграфічного виробництва особливу увагу слід приділяти якості вторинної сировини, оскільки вона безпосередньо впливає на можливість її повторного використання або реалізації. Наприклад, чиста макулатура має значно вищу ринкову вартість порівняно із забрудненими паперовими відходами, що підкреслює важливість ефективної системи роздільного збору. Аналогічно, правильне поводження з полімерними матеріалами та фарбовими залишками дозволяє мінімізувати втрати та підвищити рівень їх утилізації.

Слід зазначити, що оцінювання економічної ефективності рециклінгу має комплексний характер і повинно враховувати не лише прямі економічні показники, але й непрямі вигоди, такі як зниження ризиків екологічних санкцій, покращення умов праці та підвищення рівня організації виробництва. У цьому контексті доцільним є використання системного підходу, який передбачає аналіз усіх етапів життєвого циклу відходів – від їх утворення до кінцевої утилізації або повторного використання.

Таким чином, розрахунок економічної ефективності рециклінгу є важливим інструментом обґрунтування управлінських рішень у поліграфічному виробництві, що дозволяє визначити доцільність впровадження відповідних технологій і організаційних заходів, забезпечити оптимізацію витрат та підвищити загальну ефективність діяльності підприємства.

Економічна ефективність рециклінгу визначається шляхом зіставлення загального економічного ефекту, отриманого внаслідок реалізації вторинної сировини та скорочення витрат на утилізацію відходів, із витратами на організацію системи збору, сортування, транспортування та підготовки відходів до переробки. Для цього використовують систему абсолютних і відносних показників, основні з яких наведено нижче.

Формули для розрахунку економічної ефективності рециклінгу

1. Загальний обсяг відходів

Загальний обсяг відходів, що утворюються на підприємстві, визначають як суму окремих видів відходів:

$$Q_{\text{заг}} = Q_n + Q_k + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{зм}}$$

де:

$Q_{\text{заг}}$ – загальний обсяг відходів, кг;

Q_n – обсяг паперових відходів, кг;

Q_k – обсяг картонних відходів, кг;

$Q_{\text{пл}}$ – обсяг полімерних відходів, кг;

$Q_{\text{н}}$ – обсяг небезпечних відходів, кг;

$Q_{\text{зм}}$ – обсяг змішаних відходів, кг.

2. Обсяг відходів, придатних до рециклінгу

$$Q_{\text{рец}} = \sum Q_i$$

або для основних видів:

$$Q_{\text{рец}} = Q_n + Q_k + Q_{\text{пл}}$$

де $Q_{\text{рец}}$ – обсяг відходів, що можуть бути передані на рециклінг, кг.

3. Коефіцієнт рециклінгової придатності

Цей показник характеризує частку відходів, що потенційно можуть бути перероблені:

$$K_{pec} = \frac{Q_{pec}}{Q_{zag}}$$

або у відсотках:

$$K_{pec} \% = \frac{Q_{pec}}{Q_{zag}} \cdot 100$$

4. Дохід від реалізації вторинної сировини

Для одного виду відходів:

$$D_i = Q_i \cdot C_i$$

Для всіх видів вторинної сировини:

$$D_{zag} = \sum (Q_i \cdot C_i)$$

де:

D_i – дохід від реалізації (i)-го виду вторинної сировини, грн;

Q_i – маса (i)-го виду відходів, кг;

C_i – ціна реалізації 1 кг відповідного виду вторинної сировини, грн/кг;

D_{zag} – загальний дохід від реалізації вторинної сировини, грн.

5. Витрати на організацію рециклінгу

Загальні витрати на рециклінг визначають як суму всіх витрат, пов'язаних із його забезпеченням:

$$V_{pec} = V_{zb} + V_{sort} + V_{tr} + V_{zber} + V_{in}$$

де:

V_{pec} – загальні витрати на рециклінг, грн;

V_{zb} – витрати на збір відходів, грн;

V_{sort} – витрати на сортування, грн;

V_{tr} – витрати на транспортування, грн;

V_{zber} – витрати на зберігання, грн;

V_{in} – інші витрати, грн.

6. Витрати на транспортування відходів

Якщо відома вартість перевезення одиниці маси:

$$V_{tr} = Q_{pec} \cdot T$$

де:

T – тариф на транспортування 1 кг відходів, грн/кг.

Якщо транспортні витрати залежать від відстані:

$$V_{tr} = Q_{pec} \cdot L \cdot t$$

де:

L – відстань перевезення, км;

t – тариф перевезення 1 кг на 1 км, грн/(кг·км).

7. Витрати на утилізацію відходів без рециклінгу

Якщо підприємство не впроваджує рециклінг, частина відходів передається на утилізацію або захоронення. Такі витрати обчислюють за формулою:

$$V_{yt} = Q_{zag} \cdot C_{yt}$$

де:

V_{yt} – витрати на утилізацію всіх відходів, грн;

C_{yt} – вартість утилізації 1 кг відходів, грн/кг.

8. Економія на утилізації завдяки рециклінгу

$$E_{yt} = Q_{rec} \cdot C_{yt}$$

де E_{yt} – економія коштів за рахунок того, що частина відходів не передається на утилізацію, а йде на рециклінг.

9. Загальний економічний ефект від рециклінгу

$$E_{zag} = D_{zag} + E_{yt}$$

де:

E_{zag} – загальний економічний ефект, грн.

Тобто загальний ефект складається з двох частин: доходу від реалізації вторинної сировини та економії на утилізації.

10. Чистий економічний ефект

$$E_{\text{ч}} = E_{zag} - V_{rec}$$

де:

$E_{\text{ч}}$ – чистий економічний ефект від впровадження рециклінгу, грн.

Якщо $E_{\text{ч}} > 0$, рециклінг є економічно доцільним.

Якщо $E_{\text{ч}} < 0$, система потребує оптимізації або є економічно неефективною за заданих умов.

11. Коефіцієнт економічної ефективності

$$K_{ек} = \frac{E_{\text{ч}}}{V_{rec}}$$

або іноді:

$$K_{ек} = \frac{E_{zag}}{V_{rec}}$$

де:

$K_{ек}$ – коефіцієнт економічної ефективності.

Якщо $K_{ек} > 1$, система є високоефективною.

Якщо $K_{ек} \approx 1$, система є гранично доцільною.

Якщо $K_{ек} < 1$, ефективність недостатня.

12. Рентабельність системи рециклінгу

$$R = \frac{E_{\text{ч}}}{V_{rec}} \cdot 100$$

де:

R – рентабельність системи рециклінгу, %.

13. Термін окупності витрат

Якщо є одноразові капітальні вкладення у впровадження системи:

$$T_{ок} = \frac{K_{вкл}}{E_{ч(річн)}}$$

де:

$T_{ок}$ – термін окупності, років;

$K_{вкл}$ – капітальні вкладення у контейнерну систему, пресування, сортувальне обладнання тощо, грн;

$E_{ч(річн)}$ – річний чистий економічний ефект, грн/рік.

14. Частка відходів, що утилізуються після впровадження рециклінгу

$$Q_{ут.піс} = Q_{заг} - Q_{рец}$$

де:

$Q_{ут.піс}$ – залишковий обсяг відходів, що потребує утилізації, кг.

15. Коефіцієнт зменшення відходів, що йдуть на утилізацію

$$K_{зм.ут} = \frac{Q_{рец}}{Q_{заг}}$$

або у відсотках:

$$K_{зм.ут} \% = \frac{Q_{рец}}{Q_{заг}} \cdot 100$$

Цей показник чисельно збігається з коефіцієнтом рециклінгової придатності, якщо всі придатні відходи фактично спрямовуються на переробку.

Узагальнена послідовність розрахунку

1. Визначити загальний обсяг відходів $Q_{заг}$.
2. Визначити обсяг відходів, придатних до рециклінгу $Q_{рец}$.
3. Обчислити коефіцієнт рециклінгової придатності $K_{рец}$.
4. Розрахувати дохід від реалізації вторинної сировини $D_{заг}$.
5. Розрахувати економію на утилізації $E_{ут}$.
6. Визначити загальний економічний ефект $E_{заг}$.
7. Визначити загальні витрати на організацію рециклінгу $V_{рец}$.
8. Обчислити чистий економічний ефект $E_{ч}$.
9. Визначити коефіцієнт економічної ефективності $K_{ек}$.
10. За потреби розрахувати рентабельність R і термін окупності $T_{ок}$.

Умови для всіх варіантів

Для уніфікації розрахунків приймаємо:

1. усі маси відходів наведено **за добу**, кг/добу;
2. кількість робочих днів на рік: $N=250$
3. до рециклінгу відносять:
 - паперові відходи;
 - картонні відходи;

- полімерні відходи;
- 4. небезпечні та змішані відходи вважаються такими, що не підлягають рециклінгу в межах даного завдання.

Таблиця 1.

Характеристика відходів і цінові параметри

Вар.	Q _п	Q _к	Q _{пл}	Q _н	Q _{зм}	C _п	C _к
1	420	180	75	22	60	2.8	3.1
2	460	190	82	24	68	2.9	3.2
3	380	160	70	20	55	2.7	3.0
4	510	220	95	28	80	3.0	3.3
5	440	200	88	25	72	2.9	3.2
6	395	170	76	21	58	2.8	3.1
7	530	240	102	30	86	3.1	3.4
8	360	150	66	18	50	2.6	2.9
9	560	250	108	32	90	3.1	3.5
10	470	210	90	26	75	3.0	3.3
11	430	185	80	23	65	2.8	3.1
12	405	175	78	22	60	2.8	3.1
13	520	230	98	29	84	3.0	3.4
14	390	165	72	20	57	2.7	3.0
15	545	245	105	31	88	3.1	3.5
16	450	205	89	25	73	2.9	3.2
17	410	178	77	22	61	2.8	3.1
18	490	215	93	27	78	3.0	3.3
19	535	238	101	30	85	3.1	3.4
20	375	158	68	19	53	2.7	3.0

Таблиця 2.

Додаткові цінові параметри та витрати

Вар.	C _{пл}	C _{ут}	V _{зб}	V _{сорт}	V _{тр}	V _{збер}	K _{вкл}
1	5.6	1.9	210	160	130	70	185000
2	5.8	2.0	220	168	138	72	192000
3	5.5	1.8	195	150	122	66	176000
4	6.0	2.1	235	182	148	78	205000
5	5.9	2.0	225	172	140	74	198000
6	5.6	1.9	205	156	126	68	181000
7	6.2	2.2	245	188	154	82	214000
8	5.3	1.8	188	145	118	64	170000
9	6.3	2.2	252	194	160	84	220000
10	6.0	2.1	230	176	144	76	201000
11	5.7	1.9	214	162	132	71	187000
12	5.6	1.9	208	158	128	69	183000
13	6.1	2.1	240	184	150	80	210000

14	5.5	1.8	200	152	124	67	178000
15	6.2	2.2	248	190	156	83	217000
16	5.9	2.0	227	174	142	75	199000
17	5.6	1.9	209	159	129	70	184000
18	6.0	2.1	233	180	146	77	203000
19	6.2	2.2	246	189	155	82	215000
20	5.4	1.8	192	148	120	65	172000