

**«Екологія та екологічна безпека»**

**Оцінка зниження навантаження на довкілля при переробці вторинного паперу**

**Шифр «Рециклінг»**

**2011р.**

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. Особливості процедури оцінки життєвого циклу продукції .....	4
Розділ 2. Розробка рекомендацій щодо використання методу ОЖЦ .....	5
Розділ 3. Оцінка зниження навантаження на довкілля при переробці вторинного паперу .....	8
3.1. Виробництво паперу з первинної сировини .....	9
3.2. Переробка макулатури .....	21
3.3. Інтерпретація отриманих даних .....	25
Висновки .....	27
Список використаних джерел .....	29

## Вступ

Наприкінці ХХ та в ХХІ столітті людство зіштовхнулося з низкою глобальних проблем, від вирішення яких залежатиме його подальший розвиток.

З кожним роком все більше зростає потреба людства в сировині та енергоносіях. Це супроводжується зростанням утворення різного роду виробничих відходів.

Все більше відчуття обмеженості природних ресурсів підвищує актуальність повторного використання матеріалів, а саме: металів, полімерів, паперу тощо. Такі кроки безсумнівно дозволяють знизити навантаження на довкілля виробничого сектору. При цьому, визначення зниження навантаження на довкілля за рахунок повернення у виробництво певних відходів, є досить складною задачею.

Одним із найбільш доступних і дієвих методів розрахунку рівня навантаження на навколишнє середовище є метод оцінки життєвого циклу продукції (ОЖЦ). ОЖЦ націлена на виявлення негативного впливу продукції на навколишнє середовище протягом всього періоду її існування, що дає змогу розробити заходи мінімізації (в ідеалі – ліквідації) екологічних порушень.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є оцінка зниження навантаження на довкілля при переробці вторинного паперу.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- розробку рекомендацій з практичного використання методу ОЖЦ;
- оцінка життєвого циклу паперу, який виробляється з первинної сировини;
- оцінка життєвого циклу паперу, який виробляється з використанням макулатури.

**Об'єкт дослідження** – оцінка життєвого циклу паперу.

**Предмет дослідження** – виробництво паперу.

**Методи дослідження.** У роботі застосовувалися методи теоретичного аналізу технологій виробничих процесів.

## Розділ 1. Особливості процедури оцінки життєвого циклу продукції

У рамках термінології стандартів ISO серії 14000 життєвий цикл розуміється як послідовні і взаємопов'язані стадії виробничої системи від отримання сировини чи природних ресурсів до кінцевого розміщення відходів в навколишньому середовищі. Тобто при оцінці життєвого циклу розглядаються не тільки етапи виробництва продукції, а й, наприклад, стадії видобутку природних ресурсів, виготовлення напівфабрикатів, допоміжні виробництва, а також її транспортування споживачеві, використання, розміщення відходів (рис. 1.1).

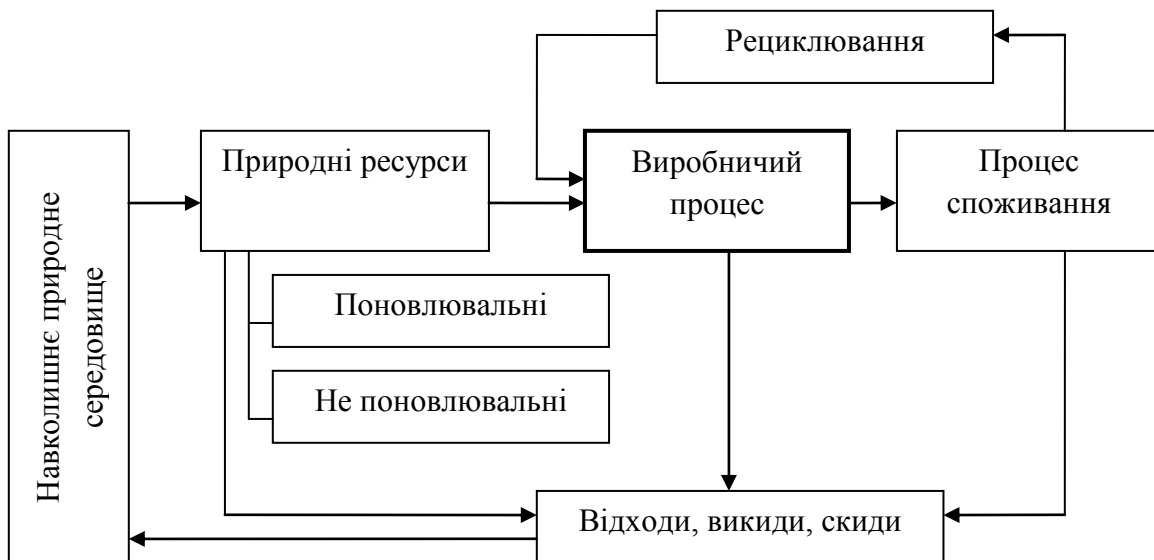


Рис. 1.1. Спрощена схема перетворення речовини в виробничій системі (основні стадії життєвого циклу)

Оцінка життєвого циклу передбачає такі етапи:

- 1) визначення цілей і змісту оцінки життєвого циклу;
- 2) формування переліку вхідних і вихідних параметрів на стадіях життєвого циклу продукції, проведення необхідних розрахунків у рамках інвентаризаційного аналізу;
- 3) оцінка потенційних впливів на навколишнє середовище, пов'язаних із вхідними й вихідними потоками речовини та енергії;

4) інтерпретація результатів інвентаризаційного аналізу й аналізу впливів [1].

Зміст, межі та рівень деталізації оцінки життєвого циклу залежать від об'єкта дослідження й передбачуваного використання результатів.

Використання результатів оцінки життєвого циклу для проведення порівняльних оцінок підвищує інтерес фахівців. Оскільки таке використання може вплинути надії зацікавлених сторін, постає необхідність проведення експертизи оцінки життєвого циклу.

У межах ОЖЦ виникає проблема вибору методичного підходу до формування критеріїв оцінки рівня екологічності продукції.

Існує кілька загальних методів формування критеріальної бази: на підставі економічних показників, який ґрунтується на визначенні розміру екологічних витрат; на підставі енергетичних показників, який оцінює енергоємність продукції; показників екологічного навантаження (земельні показники); показників порівняння, цей підхід може бути реалізований з використанням у сукупності якісних і кількісних показників [1].

Основними категоріями впливів на навколишнє природне середовище є використання ресурсів, здоров'я людини та екологічні наслідки.

Метод ОЖЦ продукції виступає одним із найбільш дієвих методів визначення рівня навантаження на навколишнє середовище.

Стандарти ISO носять рекомендаційний характер та не включає чітких методик з виконання ОЖЦ.

## **Розділ 2. Розробка рекомендацій щодо використання методу ОЖЦ**

Найбільш доцільно розпочинати аналіз ЖЦ із оцінки стадії виробництва цільової продукції. На рис.2.1 спрощено зображено вхідні і вихідні потоки стадії виробництва продукції.



Рисунок 2.1 – Основні вхідні і вихідні потоки, характерні для стадії виробництва продукції

Вхідні потоки, як правило, є продуктами інших виробництв. Через це виникає необхідність проведення також оцінки виробництв, що їх виготовляють. Це виявлятиметься у наростанні відповідних блоків-підсистем до стадії, аналіз якої вже проведено. У зв'язку з тим, що деталізувати повний цикл перетворення сировини у процесі отримання кінцевої продукції можна надто ретельно, отримана схема може бути надзвичайно розгалуженою, а виконання такої роботи буде потребувати значних ресурсів.

З метою систематизації отриманих даних доцільно ввести поняття рівня підсистем. Так, наприклад, виробництво продукції, для якого проводиться ОЖЦ, – підсистема I рівня, ті, що виготовлятимуть для нього матеріали та сировину – II, ті, що добуватимуть або вироблятимуть сировину для підприємств II рівня, матимуть III порядок і так далі. Наглядно це можна представити на абстрактному прикладі (рис. 2.2).

Для того, щоб спростити обробку інформації і при цьому отримати достатні, достовірні результати, що відповідають вимогам поставленої перед дослідженням мети, слід:

1. Під час аналізу користуватися приведеними величинами на функціональну одиницю продукції. Це забезпечить еталон їх вимірювання та можливість зіставлення виробництв з різними технологіями, продуктивністю, та

результатів. Функціональною одиницею може бути одиниця площі поверхні дорожнього покриття, одиниця маси готової продукції тощо.



Рисунок 2.2 – Спрощена блок-схема системи виробництва продукції з визначенням рівнів підсистем

2. Ввести коефіцієнти підсилення навантаження на навколишнє середовище підприємствами попередніх рівнів –  $k_n$ . Цей коефіцієнт показує кратність навантаження на довкілля стадією попереднього рівня по відношенню до процесу, що аналізується. Чисельно коефіцієнт підсилення дорівнює коефіцієнту питомого споживання певного ресурсу. Тобто, наприклад для виготовлення однієї тонни продукції необхідно спожити 1,2 тонни сировини А (рис.2.1), а при виготовленні однієї тони сировини А утворюється 0,4 тонни відходів. Таким чином при виробництві 1 тонни продукції і споживаючи сировину А, ми додатково спричинюємо утворення  $0,4 \times 1,2 = 0,48$  тонн відходів на підприємстві другого рівня. По відношенню до процесу, що розглядається, сировина В має коефіцієнт підсилення 0,3. Це позначає, що відходів спричинених споживанням сировини В буде утворюватися  $0,3 \times 0,4 = 0,12$  тонн.

При переході на більш високий рівень коефіцієнти підсилення перемножуються. Аналогічно аналізується і споживання сировини на другому та більш високих рівнях.

Однак варто пам'ятати, що оцінювати вклад стадії у вплив на довкілля треба адекватно. Тобто, крім кількісних показників, наприклад, для відходів доцільно враховувати їх токсичність, клас небезпеки. Як правило, після проведення даної процедури вимальовується каркасний ланцюжок, у якому стадії найвищого порядку відповідатимуть початковому процесу вилучення з навколишнього середовища основної сировини для цільової продукції.

### **Розділ 3. Оцінка зниження навантаження на довкілля при переробці вторинного паперу**

Целюлозно-паперова промисловість є однією із найбільш водоемних галузей народного господарства, потребує значних площ лісових насаджень, а також використовує і викидає/скидає велику кількість токсичних речовин.

Проаналізуємо техногенне навантаження на довкілля виробництва однієї тонни високоякісного паперу з сульфітної целюлози згідно з методикою ОЖЦ продукції, та порівняльний аналіз такого виробництва з процесом переробки вторинної сировини (макулатури) у високоякісний газетний папір.

Стандарти серії ISO носять рекомендаційний характер, тому визначаємо підхід до проведення процедури ОЖЦ, межі і ступінь деталізації і укрупнення дослідження залежно. Основні категорії впливів на навколишнє природне середовище – використання ресурсів та екологічні наслідки.

Системні межі ОЖЦ для паперу з первинної сировини – стадії лісозаготівлі, виробництва паперу, целюлози, транспортування, розкладання. Для паперу з вторсировини – стадії виготовлення паперу, транспортування.





Рисунок 3.1 – Системні межі ОЖЦ і стадії життєвого циклу  
Функціональною одиницею є 1 тонна готової продукції.

Критерії відсікання (знехтування) під час збору і аналізу даних [3]:

- Маса – нехтуємо, якщо потік становить менше 1% від сукупної маси оцінки вкладу в модель, і якщо він не має екологічної значимості.
- Енергія – якщо потік становить менше 1% від сукупної енергії достовірної оцінки вкладу в модель.
- Екологічна значимість – але якщо потік є потенційно значущим для навколишнього середовища, він може бути залишений.
- Сума знехтуваних матеріальних потоків не повинна перевищувати 5% від маси, енергії або екологічної значущості.

### 3.1. Виробництво паперу з первинної сировини

Як було зазначено вище, найбільш доцільно розпочинати аналіз ЖЦ із оцінки стадії виробництва цільової продукції.

#### *Виготовлення високоякісного паперу*

Виготовлення паперу складається з наступних етапів: приготування паперової маси, відлив паперу і його оздоблення. Суть виробництва паперу полягає в формуванні листа з волокнистого матеріалу на сітці папероробної машини в результаті видалення води з паперової маси, яка представляє собою

сильно розбавлену водою суспензію волокнистого матеріалу. Вода відфільтровується через сітку, волокна змикаються і переплітаються між собою. Щоб лист був міцним, щільним і гладким, волокнистий матеріал спеціально підготовлюють. На рис. 3.2 зображено вхідні і вихідні потоки стадії виробництва паперової продукції.

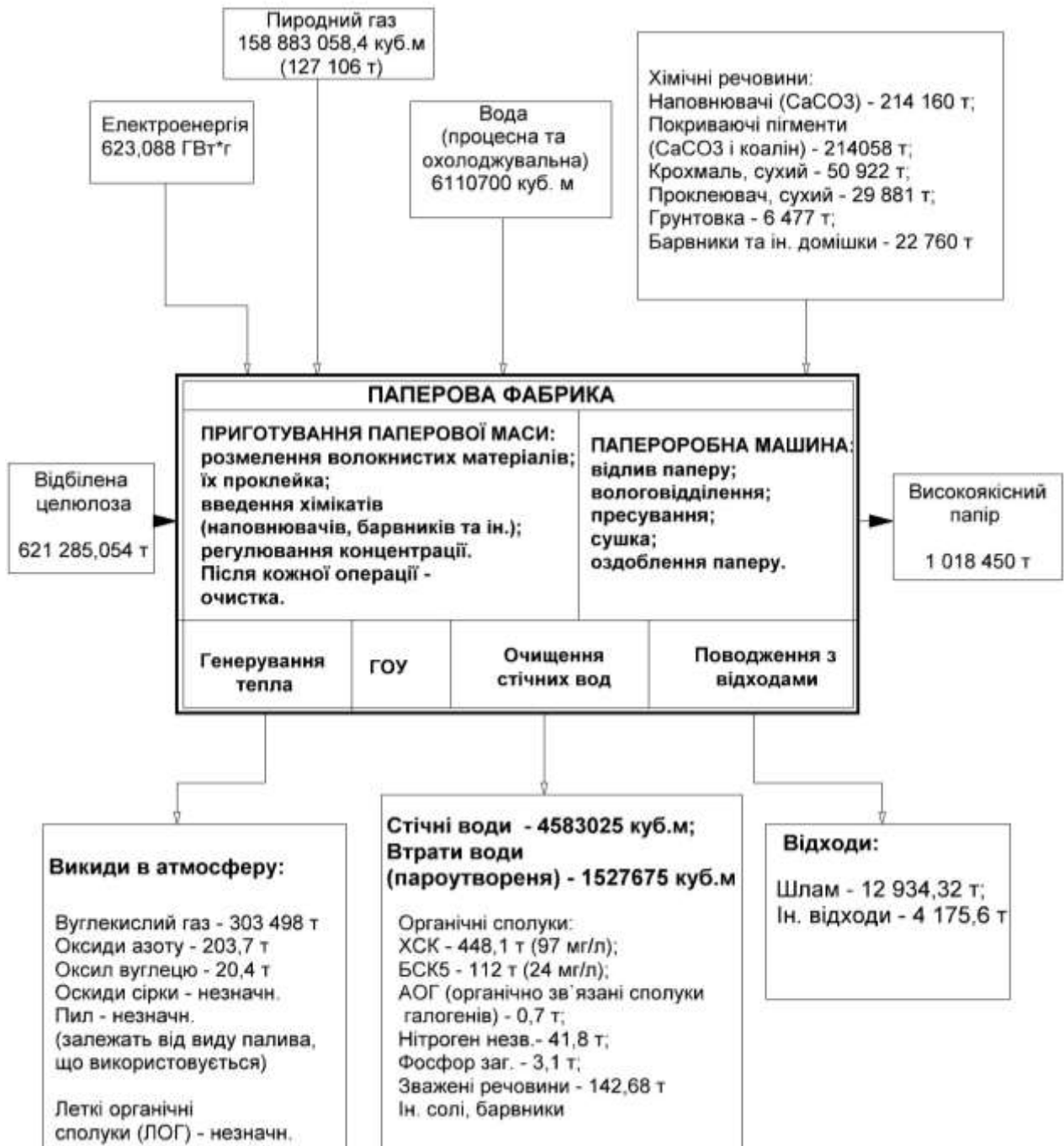


Рисунок 3.2. Річний матеріальний баланс паперової фабрики

Опираючись на дані матеріального балансу робимо перерахунок вхідних і вихідних потоків з розрахунком на функціональну одиницю – 1т паперу. Отримані результати заносимо в табл.3.1.

Таблиця 3.1. Значення вхідних і вихідних потоків підприємства з виробництва високоякісного паперу

Вхідні потоки		
Сировина	Кількість	Один. виміру
Хімічно відбілена целюлоза	610,03	кг/т п
Наповнювачі (CaCO <sub>3</sub> )	210,28	кг/т п
Покриваючі пігменти (CaCO <sub>3</sub> і коалін)	210,18	кг/т п
Крохмаль, сухий	50,00	кг/т п
Проклеювач, сухий	29,34	кг/т п
Грунтовка	6,36	кг/т п
Барвники та інші домішки	22,35	кг/т п
Паливно-енергетичні ресурси		
Природний газ	5232,40	МДж/т п
	156,00	куб.м/тп
	112,79	кг/тп
Електроенергія	611,80	кВт г/тп
Електроенергія, з врах. втрат в мережі	679,10	кВт г/тп
Використання води		
Вода	6	куб. м/т п

Вихідні потоки		
Продукт	Кількість	Один. виміру
Високоякісний папір	1000,00	кг
Викиди в атм., у т.ч.:	298,22	кг/т п
CO <sub>2</sub>	298,00	кг/т п
NO <sub>x</sub>	0,20	кг/т п
CO	0,02	кг/т п
SO <sub>2</sub>	незначн.	кг/т п
Пил	незначн.	кг/т п
Стічні води, в т.ч.:	4,5	куб. м/т
Зважені реч.	0,14 (30)	кг/тп (мг/л)
ХСК	0,44 (97)	кг/тп (мг/л)
БСК5	0,11 (24)	кг/тп (мг/л)
Р заг.	0,003 (0,8)	кг/тп (мг/л)
АОГ	0,0007 (0,15)	кг/тп (мг/л)
N неорганіч.	0,041 (9,2)	кг/тп (мг/л)
Втрати води -пара	1,5	куб. м/т п
Шум	47,4 (600м) 39,8 (1200м)	дБ(А) дБ(А)
Відходи		
Осад стоків	12,7	кг/т п
Ін. відходи	4,1	кг/т п

Як видно, найбільш вагомими вхідними потоками є: вода, природний газ та целюлоза. Вода та природний газ являють собою первинні ресурси, целюлоза – є продуктом попереднього виробництва, що вказує на необхідність проведення оцінки стадії її виготовлення.

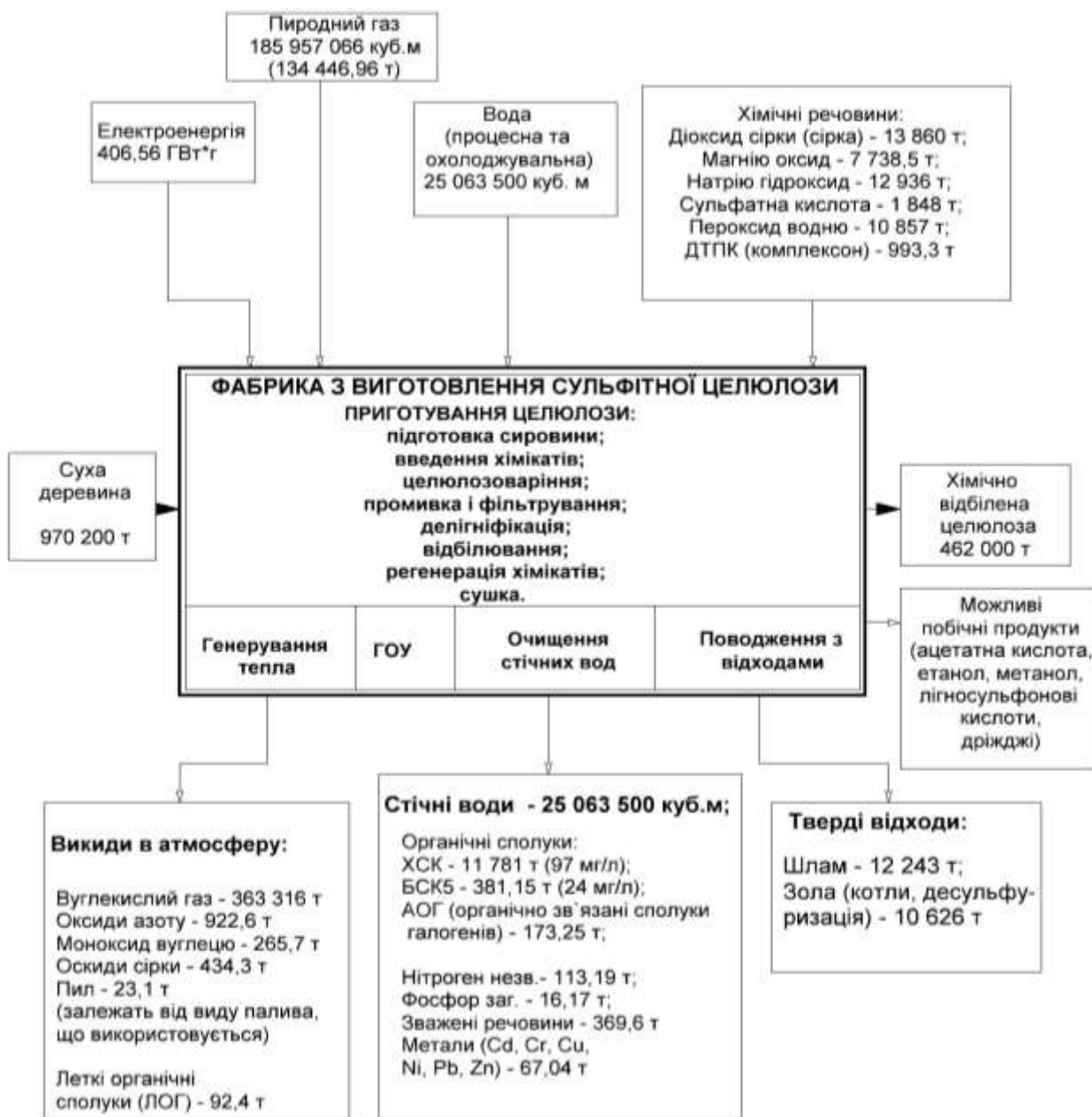


Рисунок 3.3. Річний матеріальний баланс підприємства з виготовлення сульфітної целюлози

### *Виготовлення сульфітної целюлози*

При сульфітному способі целюлозу отримують з хвойних порід дерев з невеликим вмістом смоли, наприклад ялини. Щепу загрузають в залізні герметично закриті котли, покриті зсередини кислотостійким шаром, і варять у розчині, основними компонентами якого є водний розчин  $\text{SO}_2$  і бісульфіт

магнію  $Mg(HSO_3)_2$ , (або кальцію). У такому процесі більший вихід целюлози, а з відходів отримують етиловий спирт, кормові дріжджі тощо. Варка ведеться при  $t$  140 - 150° С і при тиску 5 – 6 атм протягом 8 – 12 год. Потім целюлозу сортують, оскільки після промивки можуть залишитися непроварені пучки волокон, щепи та ін. Вихід целюлози при сульфітному способі складає 45 – 50%. Волокна сульфітної целюлози достатньо міцні, еластичні, легко відбілюються. Вони йдуть на виготовлення всіх видів друкарського паперу.

На рис. 3.3 зображений річний матеріальний баланс типового підприємства з виготовлення целюлози сульфітним способом.

Проаналізувавши попередню стадію, можна визначити, що для отримання 1т паперу необхідно 0,61 т целюлози, тому аналогічним чином робимо перерахунок вхідних і вихідних потоків даної стадії з розрахунком як на 1т, так і на 0,61т готової целюлози. Отримані результати заносимо в табл. 3.2, 3.3.

Таблиця 3.2. Значення вхідних потоків підприємства з виробництва сульфітної целюлози

Вхідні потоки								
	Кількість			Один. виміру	Кількість			Один. виміру
	мін.	макс.	сер.		мін.	макс.	сер.	
Сировина								
Суха деревина			2100	кг/т ц			1281	кг/т п
SO <sub>2</sub> як S	28	32	30	кг/т ц	17,08	19,52	18,30	кг/т п
MgO	9,5	24	16,75	кг/т ц	5,80	14,64	10,22	кг/т п
NaOH	26	30	28	кг/т ц	15,86	18,3	17,08	кг/т п
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4	4	4	кг/т ц	2,44	2,44	2,44	кг/т п
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	21	26	23,5	кг/т ц	12,81	15,86	14,34	кг/т п
ДТПК (комплексон)	1,3	3	2,15	кг/т ц	0,79	1,83	1,31	кг/т п
Паливно-енергетичні ресурси								
Природний газ			13500	МДж/т ц			8235	МДж/т п
			291	кг/т ц			177,52	кг/т п
			402,5	куб.м/тц			245,53	куб.м/т п
Електроенергія			880	кВт г/т ц			536,8	кВт г/т п
Електроен., з врах. втрат в мереж.			976,8	кВт г/т			595,85	кВт г/т п
Використання води								
Вода	43,5	65	54,25	куб.м/тц	26,54	39,65	33,093	куб. м/т п

Таблиця 3.3. Значення вихідних потоків підприємства з виробництва сульфітної целюлози

Вихідні потоки								
Продукт	Кількість			Один. виміру	Кількість			Один. виміру
	мін.	макс.	сер.		мін.	макс.	сер.	
Хім. відб. целюлоза			1000	кг			610	кг
Викиди в атм., у т.ч.:			786,4	кг/т ц			479,7	кг/т п
CO <sub>2</sub>			782,8	кг/т ц			477,5	кг/т п
NO <sub>x</sub>			1,997	кг/т ц			1,218	кг/т п
CO	0,03	1,12	0,575	кг/т ц	0,018	0,683	0,351	кг/т п
SO <sub>2</sub>	0,77	1,11	0,94	кг/т ц	0,47	0,677	0,573	кг/т п
Пил	0,03	0,07	0,05	кг/т ц	0,018	0,043	0,031	кг/т п
Стічні води, в т.ч.:	43,5	65	54,25	куб.м/тц	26,54	39,65	33,09	куб.м/тп
ЛОС			0,2	кг/т ц	0	0	0,122	кг/т п
ХСК	21	30	25,5	кг/т ц	12,81	18,3	15,56	кг/т п
БСК5	0,45	1,2	0,825	кг/т ц	0,275	0,732	0,503	кг/т п
Зважені реч.	0,4	1,2	0,8	кг/т ц	0,244	0,732	0,488	кг/т п
АОГ (зв'язан. Cl)	0,1	0,65	0,375	кг/т ц	0,061	0,397	0,229	кг/т п
N неорганіч.	0,09	0,4	0,245	кг/т ц	0,055	0,244	0,149	кг/т п
P заг.	0,01	0,06	0,035	кг/т ц	0,006	0,037	0,021	кг/т п
Метали			0,145	кг/т ц			0,089	кг/т п
Відходи								
Шлам	24	29	26,5	кг/т ц	14,64	17,69	16,17	кг/т п
Зола - котли, десульфуризац.)	13	33	23	кг/т ц	7,93	20,13	14,03	кг/т п

### *Виробництво деревного волокна*

Використовується продукція хвойних порід дерев. Щільність свіжоспиляної деревини прийнята 0,43 г/см<sup>3</sup>. Змодельована підсистема включає розсаду, лісовідновлення, заготівля, переробку та лісопильний процес. Виробництво саджанців та лісовідновлення включають процес використання добрив і транспортування. Етап лісозаготівлі включає використання машинного обладнання та палива плюс перевезення колод та кори. Лісопильний завод має паливно-енергетичні вхідні потоки і вихідні – у вигляді забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, або скидаються в воду, а також відходів деревини і готової продукції.

При обробці отриманого в лісозаготівлі кругляка маємо 75% відходів, з яких близько 25%-дрібнодисперсний пил. Частина пилу деревини вловлюється в газоочисних системах, інше - потрапляє в атмосферу. Таким чином, отримання 1 м<sup>3</sup> продукції обробка деревини (дошки, бруса) призводить до утворення приблизно 1,7 м<sup>3</sup> твердих відходів і близько 0,18 кг деревного пилу [1]. Результати, отримані після перерахунку вхідних і вихідних потоків стадії на 1 т готової деревини та на 1 т функціональної одиниці аналізу (паперу), заносимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4. Вхідні і вихідні потоки лісозаготівельного підприємства

Вхідні потоки				
Сировина	Кількість	Один. виміру	Кількість	Один.виміру
Зрубаний ліс	3012,14	кг/т п	2351,40	кг/т д
Паливно-енергетичні ресурси				
Природний газ	8,21	куб.м/т п	6,41	куб.м/тд
	5,94	кг/т п	4,64	кг/т д
Електроенергія	407,24	кВт г/тп	317,91	кВт г/тд
Електроен., з врах.втрат в мереж.	452,04	кВт г/тп	352,88	кВт г/тд
Дизельне пальне	14,78	кг/т п	11,54	кг/т д
Бензин	13,96	кг/т п	10,90	кг/т д
Деревина	547,01	кг/т п	427,02	кг/т д
Використання води				
Свіжа вода	2,14	куб. м/тп	1,66704	куб.м/т д
Вихідні потоки				
Продукт	Кількість	Один. виміру	Кількість	Один.виміру
Готова деревина	1281	кг	1000	кг
Викиди в атмосферу, у т.ч.:	756,12	кг/т п	590,26	кг/т д
CO <sub>2</sub>	709,95	кг/т п	554,22	кг/т д
NO <sub>x</sub>	1,37	кг/т п	1,07	кг/т д
CO	1,32	кг/т п	1,03	кг/т д
SO <sub>2</sub>	незначн.	кг/т п	незначн.	кг/т д
Пил деревини	43,48	кг/т п	33,94	кг/т д
Стічні води	1,07	куб. м/тп	0,83	куб. м/т
Втрати води полив	1,07	куб. м/т п	0,83	куб. м/т
Відходи дерев.,в т.ч.:	845,84	кг/т п	660,30	кг/т д
Гілки, сучки,верхівки	301,37	кг/т п	235,26	кг/т д
Куски,обапіл	83,32	кг/т п	65,04	кг/т д
Гирса, стружка	461,16	кг/т п	360,00	кг/т д
Ін. відходи	0,49	кг/т п	0,38	кг/т д

кг/т п - кг/т паперу; кг/т д - кг/т деревини

На рис. 3.4 зображено річний матеріальний баланс лісозаготівельного підприємства.

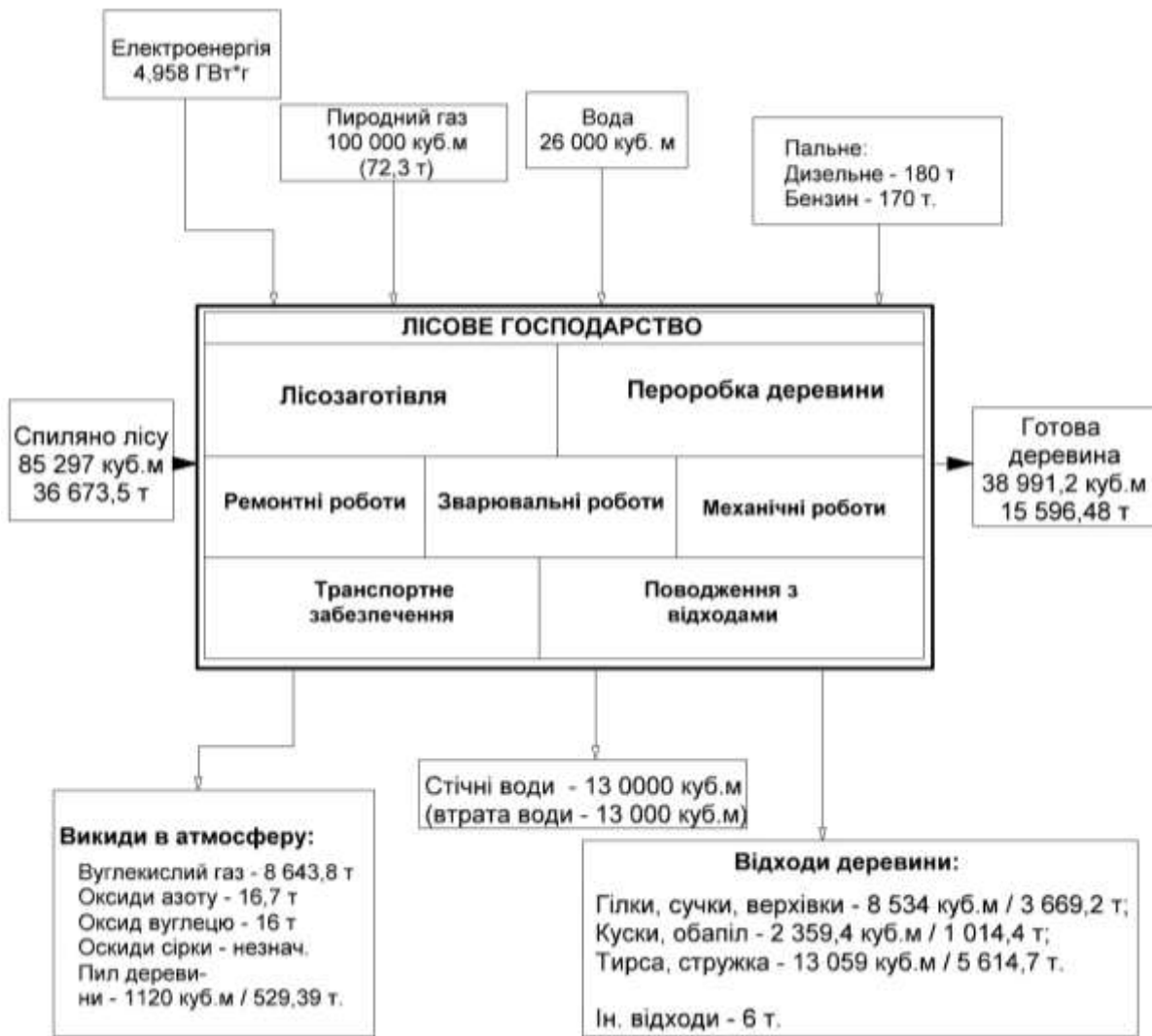


Рисунок 3.4. Річний матеріальний баланс лісозаготівельного підприємства

### *Транспортування*

Усі стадії ЖЦ продукції у даному випадку розташовані в різних місцях. Ланкою, що пов'язує їх являється транспортне сполучення, що вказує на необхідність проведення аналізу навантаження на довкілля транспортних засобів. В даному дослідженні враховано викиди продуктів згоряння палива відповідно до Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та



парникових газів у повітря від транспортних засобів Державного комітету статистики України, затвердженої наказом N 452 від 13.11.2008.

Вхідними даними для проведення розрахунків обсягів викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від автотранспорту суб'єктів господарювання є витрати палива на пробіг і транспортну роботу автотранспорту та питомі викиди забруднюючих речовин та парникових газів з одиниці використаного палива та коефіцієнти технічного стану автотранспорту.

Припустимо, що для перевезення відбувається автотранспортом, з використанням вантажних автомобілів, вид палива – газойль (дизельне паливо). Спираючись на реально існуючу географію подібних перевезень, визначаємо наступні відстані (пробіг, S): лісозаготівля – виробництво целюлози: 200 км, далі - до паперової фабрики: 300 км, від фабрики до споживача: 500 км, далі – на полігон: 25 км. Витрати палива ( $Q_{100}$ ) на 100 км пробігу – 40 л. Вантажопідйомність 1 автомобіля – 6 т, або  $24 \text{ м}^3$  – для деревини.

Для переведення витрат палива у вагові одиниці застосовується коефіцієнт K - 0,85 кг/л;

Необхідно розрахувати річне використання дизпалива для кожного із виробництв, в тоннах, після чого шляхом введення коефіцієнту визначимо масу дизельного пального, яке «закладене» в 1т паперу. Для цього:

1) визначаємо кількість машин, що обслуговують підприємство:

$$N = m_{\text{пр}}/m_{\text{м}}, \quad (3.1)$$

де  $m_{\text{пр}}$  – маса продукції річна для перевезення, т;

$m_{\text{м}}$  – вантажопідйомність одного автомобіля, т.

(аналогічні розрахунки для об'єму деревини,  $\text{м}^3$ ).

2) визначаємо масу пального, M, т:

$$M = 0,01 \cdot N \cdot S \cdot Q_{100} \cdot K, \quad (3.2)$$

де  $N$  – кількість одиниць автотранспорту, що обслуговують підприємство за рік;

$S$  – пробіг транспорту, км.

$Q_{100}$  – витрата палива на 100 км шляху ( $Q_{100} = 40$  л).

$K$  - коефіцієнти переведення палива у вагові одиниці ( $K = 850$  кг/м<sup>3</sup>).

3) методом пропорції розраховуємо масу пального, що теоретично спалюється для поетапного транспортування вантажів даного виробничого циклу. Отримані результати заносимо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5. Маса газойлю, що використовується у процесі ЖЦ 1т паперової продукції, т, для перевезення продукції із попередньої на наступну стадії

лісозаготівля – виробництво целюлози	0,009
виробництво целюлози - паперова фабрика	0,010
паперова фабрика - споживач	0,028
споживач - полігон	0,006
Всього	0,053

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання газойлю автотранспортом здійснюється за формулою:

$$V_{jm} = M_{im} \cdot K_{пвj} \cdot K_{тсj}, \quad (3.3),$$

де  $V_{jm}$  - обсяги викидів  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від спожитого палива  $m$ -го суб'єкта господарської діяльності;

$M_m$  - обсяги спожитого палива  $m$ -го суб'єкта господарської діяльності, що розраховується за формулою:

$K_{пвj}$  - питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від використання суб'єктів господарської діяльності;

$K_{тсj}$  - коефіцієнт впливу технічного стану на питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини.

Таблиця 3.6. Питомі викиди забруднюючих речовин в атмосферу від споживання 1 тонни палива та коефіцієнти впливу технічного стану автотранспорту

	CO	НМЛОС	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	Сажа	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Бенз(а)пірен
Питомі викиди ЗР, кг/т пального	36,2	8,16	0,25	31,52	3,85	3138	4,3	0,03
Коеф. впливу тех. стану	1,5	1	1,4	0,95	1,8	1	1	1

Отримано наступні результати (див. табл. 3.7) :

Таблиця 3.7. Вихідні потоки забруднюючих речовин та парникових газів на стадії транспортування, кг/т паперу

Забруднююча речовина	CO	НМЛОС	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	Сажа	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Бенз(а)пірен
Од.вим., кг/т паперу	2,66	0,40	0,02	1,47	0,34	153,76	0,21	0,0015

### *Розкладання*

Необхідність аналізу даної стадії визначається утворенням біогазу, а також процесом розширення територій, відведених під звалища сміття.

Емісія біогазу з поверхні полігону йде рівномірно, без аварійних і залпових викидів. Розрахунок викидів біогазу ведеться для умов стабілізованого процесу розкладання при максимальному виході біогазу (в період четвертої фази).

Стабілізація процесу газовиділення настає опісля в середньому два роки після відходів поховання. Період активного виходу біогазу становить у середньому двадцять років. За цей час генерується близько 80% від загальної кількості біогазу, одержуваного з однієї тонни відходів.

Типовий склад біогазу , % метан, CH<sub>4</sub> 50-75, вуглекислий газ, CO<sub>2</sub> 25-50, азот, N<sub>2</sub> 0-10, водень, H<sub>2</sub>, 0-1, сірководень, H<sub>2</sub>S 0-3, кисень, O<sub>2</sub> 0-2.

У зв'язку з високим екологічним значенням метану і CO<sub>2</sub> та незначним вмістом домішок у складі звалищного газу, що виділяється в результаті розкладання 1 тонни паперу на ТПВ, утвореними об'ємами домішок в межах

даного дослідження знехтуємо. Знехтуємо також і процесом утворення фільтрату, через недостатнє його дослідження.

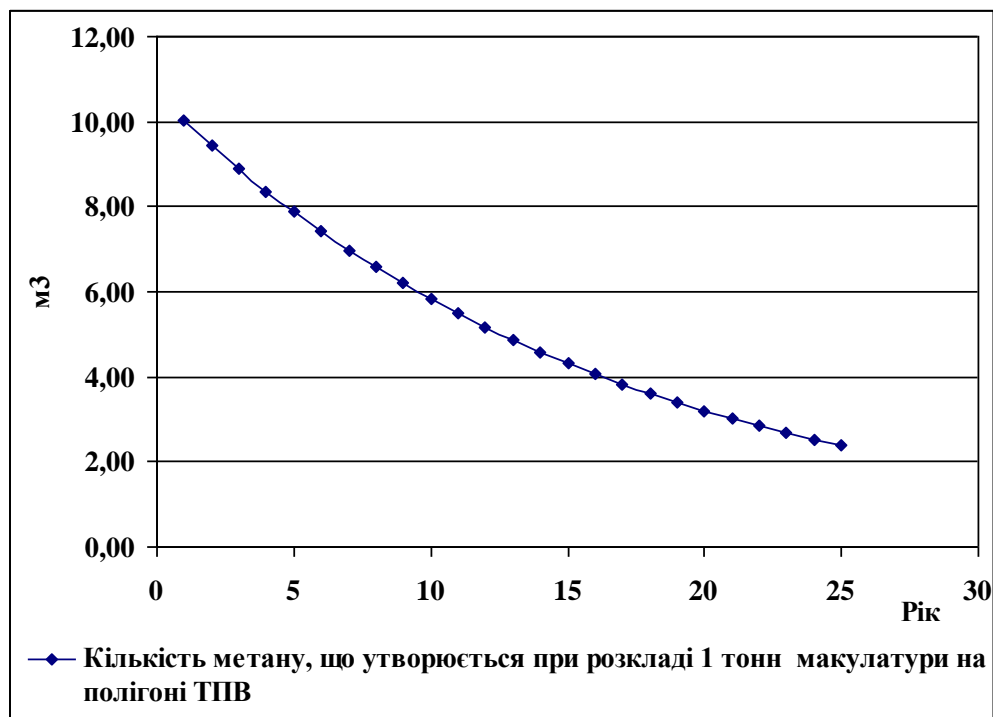


Рисунок 3.5. Рівні емісії метану, що утворюється протягом 25 років в результаті розкладання 1т макулатури

Таблиця 3.8. Показники емісії CO<sub>2</sub> за період розкладання 25 років

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Емісія CO <sub>2</sub> ,кг	3,83	3,60	3,39	3,20	3,01	2,84	2,67	2,51	2,37	2,23	2,10	1,98	1,86	1,76
Емісія CO <sub>2</sub> ,м <sup>3</sup>	5,39	5,08	4,78	4,50	4,24	4,00	3,76	3,54	3,33	3,14	2,96	2,78	2,62	2,47
Рік	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Заг. кількість		
Емісія CO <sub>2</sub> ,кг	1,65	1,56	1,46	1,38	1,30	1,22	1,15	1,09	1,02	0,96	0,90	51,05		
Емісія CO <sub>2</sub> ,м <sup>3</sup>	2,33	2,19	2,06	1,94	1,83	1,72	1,63	1,53	1,44	1,36	1,28	71,90		

Таким чином, можна прослідкувати яке навантаження на довкілля чинить кожна стадія. Найбільш ресурсоємним є ланцюг споживання деревини (рис. 3.6). Бачимо, що для виготовлення 1 тонни паперу необхідно  $0,61 \times 2,1 \times 2,35 = 3,01$  т деревини.

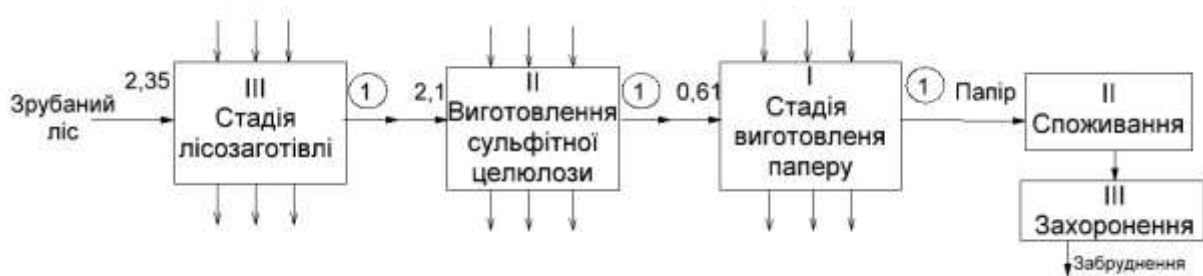


Рисунок 3.6. Визначення каркасного потоку ЖЦ виробництва паперу

### 3.2. Переробка макулатури

Вичерпність ресурсів планети та збільшення кількості паперово-целюлозних відходів викликає необхідність залучення у виробництво вторинного паперу.

Системи переробки макулатури відрізняються в залежності від сорту паперу. Загалом, процеси переробки вторинного волокна (ВВ) можна розділити на дві основні категорії: процеси, які передбачають виключно механічне очищення (без очищення від фарби), та процеси, які включають у себе механічні та хімічні типові процеси, з очищенням від фарби.

Сировина для виробництва паперу, в основі якого лежить ВВ, складається, головним чином, з макулатури, води, хімічних добавок, а також енергії у вигляді пари та електроенергії. Значні обсяги води використовуються в якості технічної води і охолоджуючої води. Вплив на навколишнє середовище, яке надає переробка макулатури, включає в себе в основному викиди у воду, тверді відходи і викиди в атмосферу. Викиди в атмосферу, головним чином, пов'язані з виробництвом електроенергії шляхом спалювання викопного палива на силових установках. Більшість підприємств з переробки макулатури інтегровані з виробництвом паперу.

У табл. 3.9 зображено значення вхідних і вихідних потоків у розрахунку на 1 тонну готової продукції., а на рис. 3.7 – річний матеріальний баланс

європейської паперової фабрики з переробки макулатури на високоякісний газетний папір .

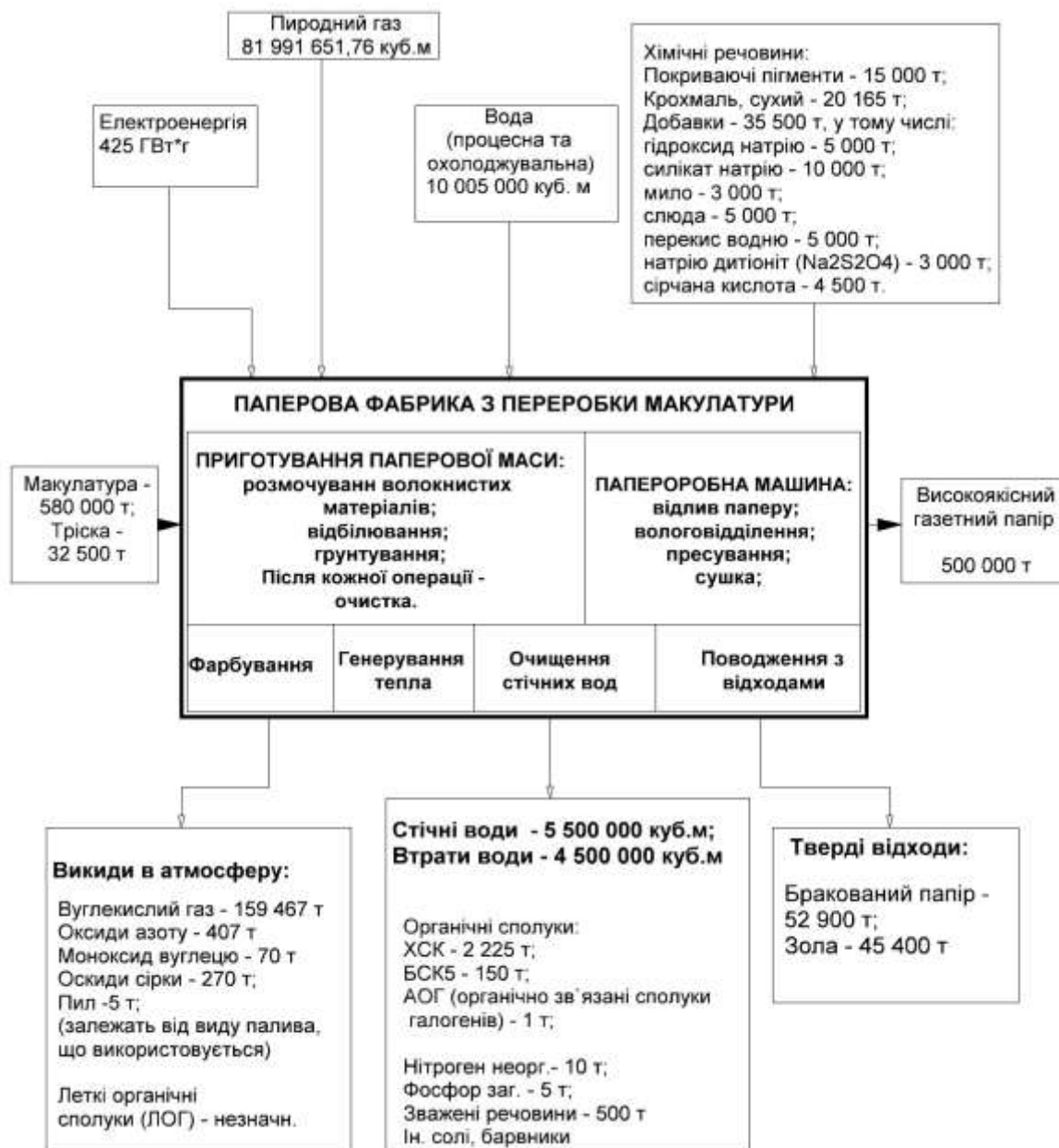


Рисунок 3.7. Річний матеріальний баланс паперової фабрики з переробки макулатури на високоякісний газетний папір.

Таблиця 3.9. Вхідні і вихідні потоки підприємства з переробки макулатури

Вхідні потоки			Вихідні потоки		
Сировина	Кількість	Один. виміру	Продукт	Кількість	Один. виміру
Макулатура	1160	кг/т	Газетний папір	1000	кг
Тріска, суха	65	кг/т	Викиди в атмосферу, у т.ч.:	320,4375	кг/т
Покриваючі пігменти (CaCO <sub>3</sub> і коалін)	30	кг/т	CO <sub>2</sub>	318,9335	кг/т
Крохмаль, сухий	40,33	кг/т	NO <sub>x</sub>	0,814	кг/т
Добавки, в тому числі:	71	кг/т	CO	0,14	кг/т
гідроксид натрію	10	кг/т	SO <sub>2</sub>	0,54	кг/т
силікат натрію	20	кг/т	Пил	0,01	кг/т
мило	6	кг/т			
слюда	10	кг/т	Стічні води, в т.ч.:	11	куб.м/т
перекис водню	10	кг/т	ХСК	4,45	кг/т
натрію дитіоніт (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	6	кг/т	БСК <sub>5</sub>	0,3	кг/т
сірчана кислота	9	кг/т	Зважені реч.	1	кг/т
Паливно-енергетичні ресурси			АОГ	0,002	кг/т
Природний газ	5500	МДж/т	N неорганіч.	0,02	кг/т
	163,98	куб.м/т	P заг.	0,01	кг/т
	118,56	кг/т			
Електроенергія	850	кВт г/т	Втрати води	9	куб.м/т
Електроенергія, з врах. втрат в мережі	943,5	кВт г/т			
Використання води			Відходи		
Вода	20,01	куб. м/т	Бракований папір	105,8	кг/т
			Зола від спалювання	90,8	кг/т

*Транспортування* Припустимо, що для перевезення відбувається автотранспортом, з використанням вантажних автомобілів, вид палива – газойль (дизельне паливо). Перевезення відбувається на відстані: збір макулатури – паперова фабрика :500 км, від фабрики до споживача: 500 км. Вантажопідйомність 1 автомобіля – 6 т.

Користуючись методикою для проведення розрахунків обсягів викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від автотранспорту отримали наступні дані, табл. 3.10.

Таблиця 3.10. Вихідні потоки забруднюючих речовин та парникових газів на стадії транспортування, кг/т паперу

Забруднююча речовина	CO	НМЛОС	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	Сажа	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Бенз(а)пірен
Од. вим., кг/т паперу	3,31	0,50	0,02	1,83	0,42	191,42	0,26	0,0018

### Отримання електроенергії

Як видно з таблиць вхідних і вихідних потоків попередніх стадій, усі виробництва є споживачами електроенергії. Припустимо, що електропостачання їм забезпечують станції, що працюють на: а) природному газі, б) вугіллі. Розрахуємо викиди в атмосферу при виробленні 1 МВт·год електроенергії. За даними доповіді ЕБРР [6] ККД електрогенеруючого обладнання – 36,75%, втрати в мережі – близько 11%. Коефіцієнт перетворення для перерахунку на первинне джерело енергії (газ, вугілля) становитиме 3,06.

Отже, у табл. 3.11 і 3.12 представлені необхідні для отримання 1 МВт·год електроенергії ресурси і рівні випуску забруднюючих речовин.

Таблиця 3.11. Використання природного газу

Паливно-енерг. ресурси	Природний газ	Природний газ з врах. коеф. перетвор (k=3,06)	Викиди в атмосферу, у т.ч.:	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>
Один. виміру	куб.м/МВт·г		кг/МВт·г				
Кількість	93	284,58	204,90	552,75	551,19	1,41	0,16

Таблиця 3.12. Використання вугілля

Паливно-енерг.ресурси	Вугілля	Вугілля з врах.коэф перетвор (k=3,06)	Викиди в атмосферу, у т.ч.:	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	Суспендовані тв. частинки
Один. виміру	кг/МВт·г		кг/МВт·г					
Кількість	175,73	537,72	1082,99	1031,82	2,83	0,13	27,59	20,64



### 3.3. Інтерпретація отриманих даних

Екологічні переваги вторинного паперу:

- збільшення частки перероблених матеріалів має екологічні переваги протягом всього життєвого циклу.

- зменшення попиту на деревину, зниження тиску на лісозаготівлю і перетворення природних лісів та екологічно вразливих районів насаджень.

- переробка, як правило, більш чистий та ефективний процес виготовлення паперу, ніж з дерев, тому що більша частина роботи видобування і відбілювання волокон вже зроблена.

- вторсировина вимагає менше енергії для виробництва, навіть якщо включити енергію, необхідну для збору та транспортування макулатури.

- вилучення паперу з відходів сприяє зменшенню об'ємів нагромадження твердих відходів та викидів парникових газів зі звалищ.

Отримані результати порівняння, наведені на рис. 3.9 та 3.10, дозволяють стверджувати, що виготовлення 1 т паперу з переробленої сировини з додаванням 2,2% тріски деревини, у порівнянні з 1 т такого, що виготовлений зі 100 % первинних волокон знижує:

- загальне споживання енергії на 706 кВт·г (44 відсотків);
- загальне споживання деревини на 2947 кг (97,8 відсоток);
- загальне споживання природного газу на 178 кг (60 відсотків);
- загальне споживання хімікатів на 380 кг (64 відсотків);
- загальне споживання води на 21 м<sup>3</sup> (51,5 відсотків);
- викиди парникових газів: CO<sub>2</sub> на 1193,8 кг ( 97,8 відсотків); CH<sub>4</sub> на 94,8 кг (100 відсотків );
- стічних вод на 28 м<sup>3</sup> (71,5 відсотків);
- відходів деревини на 889 кг (100 відсотків).

В ході інтерпретації отримуємо рівні зниження використання ресурсів та антропогенного навантаження при переробці 1 тонни макулатури:

- загальне споживання енергії на 608 кВт·годин;

- загальне споживання деревини на 2, 541 тонн;
- загальне споживання природного газу на 153 кг;
- загальне споживання хімікатів на 327 кг;
- загальне споживання води на 18 м<sup>3</sup>;
- викиди парникових газів (CO<sub>2</sub>) на 1,05 тонну; викиди оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) на 2 кг; відходів деревини на 767 кг; викиди метану на 81,73 кг.



Рис. 3.8. Графічне зображення рівнів споживання ресурсів, % від найвищого показника



Рис. 3.9. Графічне зображення рівнів забруднення довкілля, % від найвищого показника

## Висновки

У даній науковій роботі показана перспективність використання методу оцінки життєвого циклу, що дозволяє оцінити екологічність продукції завдяки системному підходу до оцінки впливів продукції на навколишнє середовище; виявити стадії життєвого циклу, що потребують модернізації; зробити продукцію більш привабливою в ринковому просторі.

Розроблені рекомендації щодо використання методу, а також того, як спростити обробку інформації і при цьому отримати достатні, достовірні результати, що відповідають вимогам поставленої перед дослідженням мети, а саме:

1. Вводити поняття рівня системи, що розглядається, тобто відповідної ланки у виробничому ланцюгу щодо первинної – стадії виробництва цільової продукції.

2. Під час аналізу користуватися приведеними величинами на функціональну одиницю продукції. Це забезпечить можливість зіставлення виробництв з різними технологіями, продуктивністю, та, найважливіше, результатів, що гарантуватиме наявність спільної основи для порівняння різних систем, якщо в цьому є необхідність.

3. Ввести коефіцієнти підсилення навантаження на навколишнє середовище підприємствами попередніх рівнів –  $k_n$ . Цей коефіцієнт показує кратність навантаження на довкілля стадією попереднього рівня по відношенню до процесу, що аналізується. При переході на більш високий рівень коефіцієнти підсилення перемножуються. Аналогічно аналізується і споживання сировини на другому та більш високих рівнях.

Крім кількісних показників, наприклад, для відходів доцільно враховувати їх токсичність, клас небезпеки.

Запропонований підхід дозволяє спростити процедуру ОЖЦ та забезпечити необхідні вимоги точності виконання аналізу, що в даній роботі показано на прикладі проведення оцінки життєвих циклів паперової продукції, що виготовляється із первинного волокна – деревини, та продукції з вторинної сировини – макулатури .

Проведені розрахунки показують вплив на довкілля, що чинить кожна із стадій життєвого циклу, дають змогу приймати помірковані рішення щодо зменшення навантаження на навколишнє середовище шляхом, наприклад, ліквідації стадій виробництва паперової продукції з первинного волокна шляхом введення у цикл вторинної сировини, або виборі теплоносія для забезпечення електропостачання процесів.

Результати ОЖЦ паперу дозволяють стверджувати, що виготовлення 1 т паперу з переробленої сировини з додаванням 2,2% тріски деревини, у порівнянні з 1 т такого, що виготовлений зі 100 % первинних волокон, знижує:

- загальне споживання енергії на 706 кВт·г (44 відсотків);
- загальне споживання деревини на 2947 кг (97,8 відсоток);
- загальне споживання природного газу на 178 кг (60 відсотків);
- загальне споживання хімікатів на 380 кг (64 відсотків);
- загальне споживання води на 21 м<sup>3</sup> (51,5 відсотків);
- викиди парникових газів: CO<sub>2</sub> на 1193,8 кг ( 97,8 відсотків);  
CH<sub>4</sub> на 94,8 кг (100 відсотків );
- відходів деревини на 889 кг (100 відсотків).

## Список використаних джерел

1. J. Roberts: The State of the Paper Industry. Monitoring the Indicators of Environmental Performance, Copyright Environmental Paper Network, USA, 2007.
2. Мельник Л.Г. Екологічна економіка. 3-тє вид., випр. і допов. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2006. – 367 с.
3. Екологічне управління: Підручник / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський та ін. — К.: Либідь, 2004. — 432 с.
4. American Forest & Paper Association, Corrugated Packing Alliance: Life Cycle Assessment of U.S. Industry-Average Corrugated Product, Final Report, December 30, 2009.
5. ДСТУ ISO 14040:2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура
6. European Bank for Reconstruction and Development: Development of the electricity carbon emission factors for Ukraine //Final Report, 14 October 2010.

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи під шифром “**Рециклінг**” є актуальною у зв'язку зі збільшенням обсягів використанні природних ресурсів та техногенного навантаження на довкілля. Виникає потреба у розробленні та впровадженні методів комплексної оцінки екологічного ефекту від реалізації заходів з ресурсозбереження. Одним з прикладів є залучення до виробництва вторинної сировини.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є оцінка зниження навантаження на довкілля при переробці вторинного паперу.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- розробку рекомендацій з практичного використання методу ОЖЦ;
- оцінка життєвого циклу паперу, який виробляється з первинної сировини;
- оцінка життєвого циклу паперу, який виробляється з використанням макулатури.

**Методика дослідження.** У роботі застосовувалися методика оцінки життєвого циклу, яка спирається на теоретичного аналізу технологій виробничих процесів.

Робота складається з пояснювальної записки обсягом 29 сторінок, у тому числі 12 рисунків, 12 таблиць, 6 джерел літератури.

Ключові слова: оцінка життєвого циклу, виробництво паперу, рециклінг.

## ВІДОМОСТІ

про автора та наукового керівника  
конкурсної роботи під шифром “Рециклінг”

### АВТОР

1. Прізвище Винокурова
2. Ім'я (повністю) Ганна
3. По батькові (повністю) Миколаївна
4. Повна назва вищого навчального закладу, в якому навчається автор  
Сумський державний університет
5. Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
6. Курс (рік навчання) 5
7. Результати роботи опубліковано

\_\_\_\_\_ (рік, місце, назва видання)

8. Результати роботи впроваджено

\_\_\_\_\_ (рік, місце, форма впровадження)

9. Домашня адреса  
40030, м. Суми, вул. Лермонтова 17, кв. 49  
тел. (0542) 64-62-08

Науковий керівник

Автор роботи

### НАУКОВИЙ КЕРІВНИК

1. Прізвище Лазненко
2. Ім'я (повністю) Дмитро
3. По батькові (повністю) Олексійович
4. Місце роботи  
Сумський державний університет  
Кафедра прикладної екології  
тел. (0542) 68-77-45
5. Посада доцент
6. Науковий ступінь к.т.н.
7. Вчене звання доцент кафедри прикладної екології

8. Домашня адреса  
40007, м. Суми, вул. Миру, 25  
тел. 050 407-04-73

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рішенням конкурсної комісії \_\_\_\_\_  
(назва вищого навчального закладу)

студент/ка \_\_\_\_\_ рекомендується для участі у II турі  
(прізвище, ініціали)

**Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з**

\_\_\_\_\_ (назва галузі науки)

Голова конкурсної комісії  
вищого навчального закладу

М.П. \_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (посада, прізвище, ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 200\_\_ р.