

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут Природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Муліна Владислава Сергійовича
(ПІБ)

академічної групи 183 – 20 –1
(шифр)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»

на тему: «Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
кваліфікаційної роботи	Борисовська О.О.		
розділів:			
Теоретичного	Борисовська О.О.		
Технологічного	Борисовська О.О.		
Охорона праці	Чеберячко Ю.І.		
Рецензент			
Нормоконтролер	Грунтова В.Ю.		

Дніпро

2024

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
« Дніпровська політехніка »

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувач кафедри ЕТЗНС
Борисовська О.О.
 « ___ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студенту Муліну Владиславу Сергійовичу
 (прізвище та ініціали)

академічної групи 183 – 20 – 1
 (шифр)

спеціальності – 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
 (код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»

на тему «Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» відр. №

	Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Теоретичний	Дослідити сучасну систему управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро. Визначити обсяги утворення побутових відходів у м. Дніпро та проаналізувати їх морфологічний склад. Розглянути схему санітарної очистки м. Дніпро від твердих побутових відходів; надати характеристику Правобережному полігону, а також закритим звалищем на Кулебовці та Ігрени, сміттєспалювальному заводу. Визначити переваги та недоліки сучасної системи поводження з відходами у м. Дніпро	26.12.23- 01.04.24
2	Технологічний	Запропонувати шляхи удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро. Дослідити можливість отримання енергії з твердих побутових відходів; отримання компосту із твердих побутових відходів; отримання біогазу з твердих побутових відходів; вилучення вторинної матеріальної сировини з побутових відходів з метою подальшого рециклінгу. Виконати порівняльний аналіз технологій переробки твердих побутових відходів	02.04.24- 01.05.24
3	Охорона праці	Розробити заходи з охорони праці при реалізації запропонованих рішень	02.05.24- 01.06.24

Завдання видано _____ Борисовська О.О.
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 26.12.23

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Мулін В.С.
 (підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 сторінка тексту, 12 рисунків, 5 таблиць, 51 літературне джерело, 5 додатків.

Мета роботи полягає у аналізі переваг та недоліків існуючої системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро та у розробці рекомендацій щодо її удосконалення.

У вступі викладено актуальність вибраної теми дослідження, сформовано мету та задачі дослідження.

У теоретичному розділі викладено інформацію, щодо сучасного поводження з твердими побутовими відходами міста Дніпра. Також приділено увагу закритим полігонам, звалищам, сміттєспалювальним заводам нашого міста.

У технологічному розділі наведено основні сучасні технологічні процеси поводження з відходами. Визначено, яку користь можуть принести ці процеси для нашого міста та чим вони можуть бути корисні. Розроблено найефективніше поєднання сучасних технологій для нашого міста з урахуванням характеру твердих побутових відходів, що потрапляють до нас від мешканців міста.

У розділі «Охорона праці» обґрунтовано заходи щодо безпечного обслуговування обладнання та безпеки праці на виробництві

У висновках наводяться результати виконання кваліфікаційної роботи

ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ, РЕЦІКЛІНГ, ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ, СМІТТЄПЕРЕРОБНИЙ ЗАВОД, УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ, ЕНЕРГІЯ З ВІДХОДІВ, КОМПОСТ З ВІДХОДІВ, БЮГАЗ З ВІДХОДІВ, ВТОРИННА СИРОВИНА З ВІДХОДІВ, СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ М. ДНІПРО

1.1 Характеристика сучасної системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро

1.1.1 Обсяги утворення побутових відходів у м. Дніпро та їх морфологічний склад

1.1.2 Схема санітарної очистки м. Дніпро від твердих побутових відходів

1.1.3 Характеристика Правобережного полігону

1.1.4 Характеристика закритих звалищ на Кулебовці та Ігрени, сміттєспалювального заводу

1.2 Переваги та недоліки сучасної системи поводження з відходами у м. Дніпро
Висновки до Розділу 1

РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У М. ДНІПРО

2.1 Отримання енергії з твердих побутових відходів

2.1.1 Технологія плазмової газифікації побутових відходів

2.1.2 Піроліз побутових відходів

2.2 Отримання компосту із твердих побутових відходів

2.2.1 Технологія польового компостування відходів

2.2.2 Технологія компостування побутових відходів у біореакторах

2.3 Отримання біогазу з твердих побутових відходів

2.3.1 Технологія зброджування органічної складової твердих побутових відходів у метантенках

2.3.2 Перевід сміттєвозів на біогаз

2.4. Вилучення вторинної матеріальної сировини з побутових відходів

2.4.1 Організація системи сортування відходів населенням м. Дніпро

2.4.2 Технологія сортування відходів в умовах сміттєпереробного заводу

2.5 Порівняльний аналіз технологій переробки твердих побутових відходів та висновки по розділу

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів при реалізації проектного рішення

3.2. Розробка заходів з охорони праці

3.3 Пожежна профілактика

3.4 Профілактика вибухонебезпечності метантенків

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Додаток А. Копія публікації

Додаток Б. Відгук керівника

Додаток В. Рецензія

Додаток Д. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи бакалавра на присутність запозичень

Додаток Е. Відгуки керівника розділу з охорони праці та нормо контролера

ВСТУП

Актуальність теми.

Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами відіграє важливу роль у забезпеченні екологічної стійкості та комфортного життя місцевого населення Дніпра. Наразі існуюча система управління відходами є неефективною через недостатню інфраструктуру, відсутність ефективних механізмів сортування та переробки відходів, що призводить до забруднення довкілля та загрози здоров'ю громадян. Тому важливо провести дослідження та розробити пропозиції щодо вдосконалення системи управління твердими побутовими відходами, зокрема впровадити нові технології сортування, організувати ефективну систему вивезення та переробки відходів, щоб зменшити негативний вплив на довкілля та покращити якість життя мешканців міста. Мета кваліфікаційної роботи полягає у розробці конкретних рекомендацій та заходів щодо впровадження нової системи управління твердими побутовими відходами, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки та підвищення ефективності використання ресурсів міста.

Отже, метою кваліфікаційної роботи є аналіз переваг та недоліків існуючої системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро та розробка рекомендацій щодо її удосконалення.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

1. Дослідити сучасну систему управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро. Визначити обсяги утворення побутових відходів у м. Дніпро та проаналізувати їх морфологічний склад. Розглянути схему санітарної очистки м. Дніпро від твердих побутових відходів; надати характеристику Правобережному полігону, а також закритим звалищам на Кулебовці та Ігрени, сміттєспалювальному заводу. Визначити переваги та недоліки сучасної системи поводження з відходами у м. Дніпро

2. Запропонувати шляхи удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро. Дослідити можливість отримання енергії з

твердих побутових відходів; отримання компосту із твердих побутових відходів; отримання біогазу з твердих побутових відходів; вилучення вторинної матеріальної сировини з побутових відходів з метою подальшого рециклінгу.

Виконати порівняльний аналіз технологій переробки твердих побутових відходів

3. Розробити заходи з охорони праці при реалізації запропонованих рішень.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи.

Апробація роботи проводилась на XI Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації» (22–24 листопада 2023 року, м. Дніпро, Україна).

Публікація:

Пропозиції щодо удосконалення технології утилізації твердих побутових відходів у м. Дніпро / Борисовська О.О., Мулін В.С. // Молодь: наука та інновації: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро: НТУ «ДП», 2023. – С. 308-309.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ М. ДНІПРО

1.1 Характеристика сучасної системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро

Система управління твердими побутовими відходами (ТПВ) у м. Дніпро зазнала значних змін протягом останніх років. Завдяки впровадженню нових технологій та інноваційних підходів, місто значно покращило свою систему поводження з ТПВ.

Збір ТПВ у м. Дніпро здійснюється з контейнерів, розміщених у житлових кварталах, приватних секторах та у місцях громадського користування. Вивезення ТПВ здійснюється комунальними підприємствами та приватними компаніями, які мають відповідні ліцензії. За даними 2024 року, щодня з міста вивозиться близько 1200 тонн ТПВ [1].

ТПВ, які не переробляються, складаються на полігоні твердих побутових відходів "Правобережний".

Місто Дніпро активно впроваджує інноваційні підходи до поводження з ТПВ. Одним з таких підходів є роздільний збір ТПВ, який вже впроваджений у деяких житлових комплексах міста. Роздільний збір ТПВ дозволяє значно збільшити рівень переробки відходів [2].

Незважаючи на значні покращення, система управління ТПВ у м. Дніпро все ще має певні проблеми. До них належать:

- Недостатня кількість контейнерів для ТПВ.
- Незадовільний стан контейнерних майданчиків.
- Необхідність розширення потужностей для переробки ТПВ.

Міська влада вживає заходів для вирішення цих проблем. Планується:

- Збільшити кількість контейнерів для ТПВ.
- Впорядкувати контейнерні майданчики.
- Створити нові потужності для переробки ТПВ.

Сучасна система управління ТПВ у м. Дніпро має ряд проблем, але й значний потенціал для розвитку. Завдяки впровадженню нових технологій та інноваційних підходів, місто може значно покращити свою систему поводження з ТПВ, зробити її більш екологічною та економічно вигідною.

Важливим аспектом сучасної системи управління ТПВ у м. Дніпро є екопросвіта населення. Міська влада проводить активну роботу з мешканцями міста, аби навчити їх правильно сортувати ТПВ та відповідально ставитися до проблеми відходів [3].

Одним з інноваційних проєктів у цій сфері є "Екобус", який курсує житловими кварталами міста та приймає від мешканців вторсировину. За здану вторсировину люди отримують бали, які потім можна обміняти на корисні речі або знижки.

Ще одним важливим напрямком роботи є розвиток інфраструктури для переробки ТПВ. Місто планує збудувати новий сміттєпереробний завод, який використовуватиме сучасні технології для переробки відходів.

Важливо зазначити, що система управління ТПВ у м. Дніпро постійно розвивається та вдосконалюється. Завдяки спільним зусиллям міської влади, підприємств та мешканців міста, Дніпро може стати прикладом для інших міст України у сфері поводження з ТПВ.

1.1.1 Обсяги утворення побутових відходів у м. Дніпро та їх морфологічний склад

Проаналізуємо кількість твердих побутових відходів, що надходять до Правобережного полігону від об'єктів житлового фонду. Дані для аналізу наведено у таблиці 1.1.

Згідно з проведеними розрахунками, щорічно у місті Дніпро тільки від об'єктів житлового фонду утворюється більше 300 тис. т побутових відходів. Як ми можемо побачити, доволі вагома частина ресурсів, яку можна використати як вторинну сировину, надходить до полігону нашого міста і захоронюється. Ці

відходи можна відсортувати та після цього продавати компаніям, які закупають вторинну сировину. Також, з харчових відходів та відходів рослинного походження можна видобувати біогаз, завдяки якому ми можемо отримувати енергію.

Таблиця 1.1 - Кількість ТПВ, що утворюються у м. Дніпро від житлового фонду

Район міста Дніпро	Кількість абонентів, осіб		Норма накопичення, кг/рік	Кількість ТПВ за рік, т
Шевченківський	багатоквартирні будинки	125 800	339	42 646,20
	приватний сектор	16 400	403,2	6 612,48
Центральний	багатоквартирні будинки	54 300	339	18 407,70
	приватний сектор	4 469	403,2	1 801,90
Чечелівський	багатоквартирні будинки	72 800	339	24 679,20
	приватний сектор	46 000	403,2	18 547,20
Самарський	багатоквартирні будинки	42 200	339	14 305,80
	приватний сектор	31 200	403,2	12 579,84
Амур-Нижньодніпровський	багатоквартирні будинки	85 900	339	29 120,10
	приватний сектор	61 200	403,2	24 675,84
Соборний	багатоквартирні будинки	70 583	339	23 927,64
	приватний сектор	20 500	403,2	8 265,60
Новокодацький	багатоквартирні будинки	132 300	339	44 849,70
	приватний сектор	31 900	403,2	12 862,08
Індустріальний	багатоквартирні будинки	113 400	339	38 442,60
	приватний сектор	16 700	403,2	6 733,44
Разом	-	925 652	-	328 457,32

Маючи дані щодо морфологічного складу ТПВ м. Дніпро, обчислимо кількість корисних компонентів, що можуть бути потенційно утилізовані: харчові та рослинні відходи (44%) – 144,5 тис. т/рік; папір, текстиль (21%) - 69,0 тис. т/рік; скло (6%) – 19,7 тис. т/рік; метал (2%) – 6,6 тис. т/рік; пластмаса,

шкіра, гума (9%) – 29,6 тис. т/рік. Загалом кількість вторинних ресурсів у складі ТПВ, що утворюється тільки від об'єктів житлового фонду м. Дніпро, становить 269,3 тис. т/рік, або 82% від загальної кількості відходів [4].

Морфологічний склад ТПВ у м. Дніпро представлений наступними компонентами – рисунок 1.1:

- Продовольчі відходи: 45-50%
- Папір та картон: 15-20%
- Пластик: 10-15%
- Текстиль: 5-7%
- Скло: 5-7%
- Метал: 2-3%
- Інші: 5-10%

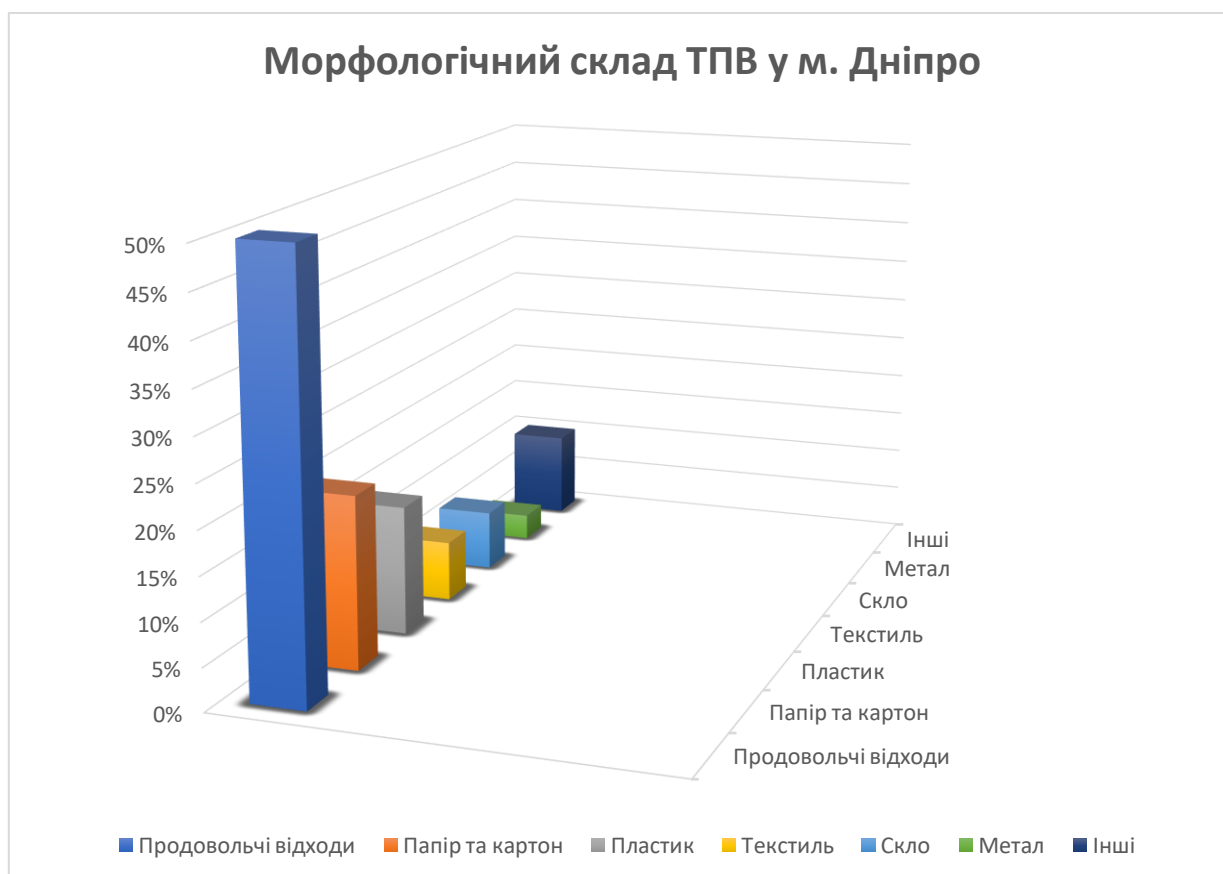


Рисунок 1.1 - Морфологічний склад ТПВ у м. Дніпро

Протягом останніх років спостерігається стійке зростання обсягів утворення ТПВ у м. Дніпро. Це пов'язано з низкою факторів, таких як:

- Зростання населення міста;
- Збільшення рівня життя та, як наслідок, збільшення споживання товарів;
- Недостатній рівень розвитку системи роздільного збирання та переробки відходів.

Згідно з "Правилами надання послуг з вивезення побутових відходів", затвердженими рішенням Дніпропетровської міської ради № 732/37 від 28.04.2016 року, норма накопичення ТПВ для жителів багатоквартирних будинків становить 0,11 м³/особу на місяць, а для жителів приватного сектору – 0,14 м³/особу на місяць [3].

Таким чином, обсяги утворення ТПВ у м. Дніпро знаходяться на високому рівні і мають тенденцію до зростання. Морфологічний склад ТПВ свідчить про значний потенціал для його переробки, а існуючі норми накопичення ТПВ потребують перегляду з урахуванням фактичного рівня утворення відходів.

1.1.1 Схема санітарної очистки м.Дніпро від твердих побутових відходів

Збирання ТПВ у м. Дніпро здійснюється комунальним підприємством "Дніпрокомунтранс" та приватними компаніями, які мають відповідні ліцензії.

Збирання ТПВ з контейнерів:

- Контейнери для ТПВ встановлюються у житлових кварталах, на прибудинкових територіях, а також у місцях масового перебування людей.
- Вивіз ТПВ з контейнерів здійснюється сміттєвозами, які обладнані спеціальними контейнерами для завантаження та ущільнення відходів.
- Затверджено графіки вивезення ТПВ, які повинні дотримуватися [4].

Збирання ТПВ з приватного сектору:

- Відходи з приватного сектору збираються спеціальними сміттєвозами, які обладнані бункерами.

- Вивіз ТПВ з приватного сектору здійснюється згідно з графіком, який доводиться до відома жителів.

Транспортування ТПВ:

- Транспортування ТПВ до місць захоронення здійснюється сміттєвозами, які відповідають санітарним нормам і правилам.
- Заборонено транспортування ТПВ у відкритих кузовах транспортних засобів [4].

Захоронення ТПВ

Наразі основним місцем захоронення ТПВ у м. Дніпро є Правобережний полігон. Полігон розташований за межами міста, на відстані 12 км від його центру.

Правобережний полігон:

- Полігон розпочав роботу у 2012 році;
- Потужність полігону становить 4,5 млн. тон ТПВ;
- На даний момент полігон заповнений на 95%;
- Захоронення ТПВ на полігоні здійснюється траншейним способом;
- Полігон обладнаний системою дегазації та рекультивації земель [5].

Альтернативні методи поводження з ТПВ

- Сміттєспалювання: у місті Дніпро до 2016 року працював сміттєспалювальний завод. Завод був закритий через невідповідність екологічним нормам.

- Переробка: у місті є кілька підприємств, які здійснюють переробку ТПВ. Проте, обсяги перероблених відходів залишаються незначними.

Таким чином, існуюча схема санітарної очистки м. Дніпро від ТПВ потребує модернізації. Необхідно розвивати альтернативні методи поводження з ТПВ, такі як переробка та компостування. Слід вжити заходів щодо зменшення обсягів захоронення ТПВ на полігонах.

Отже, проаналізувавши відходи міста Дніпро, ми точно можемо зробити висновок щодо переліку ресурсів для можливого видобутку:

1. Енергія: деякі сміттєпереробні заводи використовують біомасу або пально-енергетичні відходи для виробництва електроенергії або тепла. Ця енергія може бути використана для житлових будинків або підприємств.

2. Компост: органічні відходи можуть бути перероблені в компост, який може бути використаний як добриво для сільського господарства та садівництва.

3. Метан: деякі сміттєпереробні заводи виділяють метан, який може бути використаний як енергетичне паливо або як сировина для виробництва хімічних речовин [4].

4. Зменшення площі полігонів: переробка сміття на заводі допомагає зменшити об'єм сміття, який захоронюється, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

5. Вторинні сировинні матеріали: скло; пластик; метали; текстиль; папір і картон.

1.1.2 Характеристика Правобережного полігону

Поводження з відходами є однією з ключових проблем сучасних міст, і місто Дніпро не є винятком. Зростаюча кількість населення, швидкий розвиток і зміна споживчих звичок призводять до того, що стає справжнім викликом пошук раціональних та екологічно чистих способів управління відходами. Місто Дніпро активно розвиває систему обробки та утилізації сміття, однак ефективне розв'язання цієї проблеми вимагає спільних зусиль місцевих влад, громади та підприємств. У цій роботі ми розглянемо стан справ у сфері поводження з відходами в місті Дніпро, а також обговоримо можливий шлях подолання цієї важливої проблеми.

Насамперед варто зупинитися на Правобережному полігоні міста Дніпра. Потужність об'єкта по прийому і розміщенню відходів – 5,322 млн. м³. Відстань від межі міста до полігону – 5 км [4]. Полігон Правобережний є об'єктом для поводження з твердими побутовими відходами в місті Дніпро з 2012 року.

Розташований на правому березі річки Дніпро, цей полігон забезпечує збір, сортування, утилізацію та управління відходами. Кожного дня він приймає приблизно 2 тис. т сміття, а це близько 260 вантажівок [4]. На рисунку 1.2 зображено Правобережний полігон міста Дніпра.



Рисунок 1.2 – Правобережний полігон, м. Дніпро [6]

Основні характеристики Полігону Правобережний:

1. Збір та сортування: на полігоні розміщені спеціальні контейнери для збору твердих побутових відходів. Ці контейнери розміщені у визначених зонах, де мешканці можуть викидати свої відходи. Далі, зібрані відходи проходять процес сортування, під час якого вони розділяються на різні фракції, такі як пластик, скло, папір, метал тощо. Це сприяє подальшій переробці та використанню цих матеріалів.

2. Переробка та рециклінг: полігон Правобережний також має сортувальні лінії та обладнання для подальшої переробки твердих побутових відходів. Після сортування відходи можуть бути відправлені на переробку, де

вони перетворюються на вторсировину або використовуються у виробництві енергії. Наприклад, пластик може бути перероблений у гранули для виготовлення нових виробів, а сміття може бути використане у сміттєспалювальних установках для виробництва електроенергії. На рисунку 1.3 зображено подрібнення спиляних гілок дерев, їх далі можна використовувати у виробництві біопалива, компостування [7].



Рисунок 1.3 – Перероблювання спиляних гілок дерев, Правобережний полігон, м. Дніпро [7]

3. Контроль та екологічна безпека: полігон Правобережний підлягає строгому контролю та додержанню норм екологічної безпеки. Це включає перевірки якості ґрунту, контроль якості води та повітря, а також дотримання норм зберігання та утилізації відходів. Введення сучасних технологій та методів допомагає зменшити негативний вплив полігону на навколишнє середовище.

4. Моніторинг та планування: Управління полігоном Правобережний здійснює постійний моніторинг обсягів сміття, рівня заповнення контейнерів, а також ефективності процесів сортування та переробки. Це дозволяє здійснювати планування та оптимізацію роботи полігону з метою підвищення ефективності та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Загалом, полігон Правобережний у м. Дніпро відіграє важливу роль у системі управління твердими побутовими відходами. Шляхом збору, сортування, переробки та утилізації відходів він сприяє збереженню природних ресурсів, зменшенню забруднення та забезпеченню сталого розвитку міста [8].

1.1.3 Характеристика закритих звалищ на Кулебовці та Ігрени, Дніпропетровського сміттєспалювального заводу

Звалища у Кулебовці та Ігрени були попередніми об'єктами для поводження з твердими побутовими відходами у місті Дніпро. Однак, вони припинили свою роботу в результаті стратегічного перегляду системи управління відходами і заміни їх більш сучасними та екологічно безпечними методами [3].

Основні риси звалищ у Кулебовці та Ігрени:

1. Збір та захоронення відходів: Звалища у Кулебовці та Ігрени були використані для збору та захоронення твердих побутових відходів. Відходи, зазвичай несортовані, перевозилися на ці звалища та розташовувалися в спеціально відведених ділянках землі. Вони засипалися землею або іншим матеріалом для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

2. Обмежений контроль: Звалища у Кулебовці та Ігрени не були оснащені сучасними системами контролю та моніторингу, що дозволяли б визначати рівень забруднення, емісії газів та інші параметри. Відсутність цього контролю могла призводити до негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

3. Екологічні проблеми: Звалища традиційно вважаються менш екологічно безпечними методом управління відходами. На звалищах можуть виникати проблеми, такі як забруднення ґрунту, ґрунтових та підземних вод, а також емісія шкідливих газів, таких як метан, який є потужним парниковим газом.

На сьогоднішній день звалище у мікрорайоні Кулебовці міста Новомосковська, що знаходиться у Дніпропетровській області залишається у критичному стані, тому що полігон вже давно вичерпав свій потенціал, проте на нього все одно продовжували вивозити сміття. На рисунку 1.4 зображено стан полігону на Кулебовці на сьогоднішній день.



Рисунок 1.4 – Звалище на Кулебовці, м. Новомосковськ [9]

Звалище у житловому масиві Ігрень у м. Дніпро теж перебуває у плачевному стані на поточний день. Офіційно, це звалище закрили ще у далекому 1997 році, проте міська влада продовжувала вивозити на нього своє сміття до відкриття полігону Правобережний, зі слів мешканців [10]. Зараз зі

звалищем не проводяться ніякі роботи та сміття продовжує негативно впливати на землі, природу та фауну житлового масиву. На рисунку 1.5 зображено стан звалища на Ігрени по теперішній час.



Рисунок 1.5 – Звалище на Кулебовці, м. Новомосковськ [11]

В Україні з 1984 року було побудовано 4 сміттєспалювальні заводи: в Харкові, Дніпропетровську, Севастополі, Києві. Основним технологічним обладнанням заводів є котли «Дукла» виробництва Чехії. Дніпропетровський сміттєспалювальний завод був введений в експлуатацію в 1992 році. Проектна продуктивність заводу становила 355 тис. т/рік. На даний момент завод не працює, він був зупинений у 2013 році з екологічних міркувань.

Завод зі спалювання відходів у місті Дніпро викликав значні занепокоєння щодо довкілля та здоров'я місцевого населення. Дослідження потенційного негативного впливу цього об'єкта охоплювало кілька аспектів, зокрема погіршення якості повітря, ризику для здоров'я населення та ширші екологічні порушення.

Погіршення якості повітря та екологічні збитки, заводи зі спалювання відходів відомі своїми викидами різноманітних забруднювачів у атмосферу, які можуть включати частки твердих речовин, оксиди азоту (NOx), діоксид сірки

(SO₂) і важкі метали, такі як ртуть та свинець. Викид цих забруднювачів може сприяти погіршенню якості повітря, що призводить до таких проблем, як смог, кислотні дощі та респіраторні труднощі серед місцевого населення.

Зокрема, частки твердих речовин можуть впливати на дихальні шляхи людей, провокуючи астму та інші респіраторні захворювання. Оксиди азоту та діоксид сірки сприяють формуванню озону на низькому рівні, що також негативно впливає на здоров'я легенів.

Ризики для здоров'я населення, постійне вдихання забрудненого повітря може значно збільшити ризик розвитку серцево-судинних захворювань, ішемічної хвороби серця, а також хронічних респіраторних захворювань, включаючи хронічну обструктивну хворобу легень (ХОЗЛ). Діти, літні люди та люди з передіснуючими медичними станами особливо вразливі до цих впливів.

Екологічні порушення, спалювання відходів також негативно впливало на місцеві екосистеми через забруднення землі та водою важкими металами та іншими токсичними речовинами. Ці забруднювачі накопичувались в ґрунті та воді, що призводило до їхнього потрапляння в харчові ланцюги, згодом впливаючи на здоров'я та репродуктивні функції дикої природи.

Соціально-економічні наслідки, негативний вплив на довкілля та здоров'я мав також довгострокові соціально-економічні наслідки для міста Дніпро. Зниження якості життя та здоров'я призводило до зменшення продуктивності праці, збільшення витрат на охорону здоров'я, а також до втрати інвестицій та зниження вартості нерухомості в забруднених районах.

З урахуванням вищезазначених факторів, стало зрозуміло, чому завод зі спалювання відходів був закритий, скільки він приносив проблем для довкілля та здоров'я населення міста Дніпро [12].

Закриті звалища та сміттєспалювальний завод є джерелами забруднення навколишнього середовища.

- Забруднення атмосферного повітря: при розкладанні ТПВ на звалищах виділяється газ метан, який є парниковим газом. Крім того, при розкладанні відходів виділяється неприємний запах.
- Забруднення ґрунту та ґрунтових вод: фільтрат з звалищ може забруднювати ґрунт та ґрунтові води.
- Забруднення водних об'єктів: зливові стоки з звалищ можуть потрапляти до водних об'єктів, забруднюючи їх.

Закриті звалища та сміттєспалювальний завод потребують рекультивації. Необхідно вжити заходів щодо зменшення негативного впливу цих об'єктів на навколишнє середовище.

1.2 Переваги та недоліки сучасної системи поводження з відходами у м.Дніпро

Система поводження з відходами у м. Дніпро зазнала значних змін протягом останніх років. Завдяки впровадженню нових технологій та інноваційних підходів, місто значно покращило свою систему поводження з ТПВ.

Сильні сторони:

1. Розвинена транспортна мережа в області.
2. Розвиток співпраці з внутрішніми інвесторами.
3. Зацікавленість керівництва області у розвитку системи управління відходами.
4. Можливість отримання додаткових доходів у місцевих бюджетах.
5. Розвинена промисловість, яка може стати основою для розвитку інфраструктури переробки та утилізації відходів.
6. Можливість використання відходів для отримання "зеленої" енергії.
7. Наявність діючих регіональних програм та планів поводження з відходами.

Слабкі сторони:

1. Недостача статистичних даних щодо стану галузі, відсутність системного збору та аналізу інформації.

2. Відсутність належної системи обліку та реєстрації показників, що характеризують стан сфери поводження з відходами.

3. Слабкий контроль у сфері управління відходами, непрозорість діяльності.

4. Відсутність чіткого бачення щодо вирішення проблем збору та утилізації відходів.

5. Недостатньо кваліфікованого кадрового складу.

6. Відсутність мотивації до роздільного збору та правильної утилізації ТПВ.

7. Низька рентабельність діяльності підприємств господарювання.

8. Недостатньо розвинена галузева інфраструктура.

9. Недостатнє охоплення території послугами з вивезення відходів.

10. Перебування значної частини ринку поводження з відходами в "тіньовому секторі" економіки.

11. Невідповідність об'єктів поводження з відходами вимогам безпеки, перевантаженість місць виділення відходів.

12. Низький рівень міжмуніципального та міжрегіонального співробітництва.

13. Недостатньо розвинута місцева політика на питаннях екологічної безпеки в сфері поводження з відходами.

Можливості:

1. Область є лідером по виробництву відходів на душу населення.

2. Доступ до грантових та кредитних коштів МФО на розвиток інфраструктури МФО, співпраця із закордонними інвесторами.

3. Підвищення екологічної свідомості населення.

4. Значний потенціал переробки та повторного використання відходів.

5. Поява інноваційних технологій та обладнання для утилізації відходів.
6. Створення нових робочих місць.
7. Забезпечення дотримання санітарно-гігієнічних та екологічних нормативів в населених пунктах.
8. Потенціал розвитку бізнесу з переробки вторинної сировини.

Загрози:

1. Низький рівень свідомості населення та підприємств щодо утилізації ТПВ, неготовність оплачувати послуги та відсутність відповідальності.
2. Слабке фінансування програм і проектів у сфері поводження з відходами.
3. Прогалини законодавчого регулювання галузі, відсутність дієвого механізму реалізації законодавчих положень.
4. Відсутність єдиного центру, який би координував вирішення питань у системі поводження з відходами.

Ефект "чужого сміття", соціальне несприйняття при визначенні місць розташування регіональних об'єктів поводження з відходами.

Сучасна система поводження з відходами у м. Дніпро потребує модернізації. Необхідно розвивати систему роздільного збирання та переробки ТПВ; збудувати новий полігон, який відповідатиме сучасним екологічним нормам та вжити заходів щодо зменшення екологічних ризиків, пов'язаних з поводженням з ТПВ [3].

Висновки до першого розділу

У першому розділі роботи нами проаналізовано сучасний стан поводження з твердими побутовими відходами у м. Дніпро.

Було визначено, що обсяги утворення ТПВ у м. Дніпро знаходяться на високому рівні і мають тенденцію до зростання. Морфологічний склад ТПВ свідчить про значний потенціал для його переробки.

Існуюча схема санітарної очистки м. Дніпро від ТПВ потребує модернізації. Закриті звалища та сміттєспалювальний завод є джерелами забруднення навколишнього середовища.

Перспективи подальших досліджень:

- Розробка детального плану модернізації системи поводження з ТПВ у м. Дніпро.
- Вивчення досвіду інших міст у сфері поводження з ТПВ.
- Розробка нових технологій переробки ТПВ.

Перший розділ дослідницької роботи дає уявлення про сучасний стан поводження з ТПВ у м. Дніпро та визначає основні напрямки його модернізації.

РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У М. ДНІПРО

2.1 Отримання енергії з твердих побутових відходів

Проблема утворення ТПВ вимагає комплексного підходу та системних рішень. Рециклінг та переробка ТПВ має вирішальне значення для збереження природних ресурсів, зменшення забруднення навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку. Проте, стандартні методи утилізації, такі як сміттєзвалища та спалювання, часто є неефективними та можуть мати негативний вплив на здоров'я людей та екосистему в цілому.

У цьому контексті виникає потреба в пошуку альтернативних методів обробки та використання ТПВ. Один з таких напрямків – отримання енергії з твердих побутових відходів. Цей підхід, який поєднує в собі екологічні та енергетичні аспекти, стає все більш популярним та перспективним у світі. Шляхом перетворення ТПВ на енергію можна досягти подвійної мети: зменшення кількості відходів та отримання додаткового джерела енергії для суспільства.

У цьому розділі ми розглянемо сучасні технології та методи отримання енергії з ТПВ, їх переваги та недоліки, а також перспективи розвитку даного напрямку на прикладі міста Дніпра.

2.1.1 Технологія плазмової газифікації побутових відходів

Плазмова газифікація є одним з передових методів переробки твердих побутових відходів, який набуває все більшого застосування в сучасних екологічних технологіях. Цей метод використовує термохімічні процеси для перетворення ТПВ в корисні газоподібні та рідкі палива, що можуть бути використані для виробництва електроенергії, тепла та інших енергетичних потреб [13].

Плазмова газифікація – це процес термохімічного розкладання твердих побутових відходів за високих температур і високого тиску у високотемпературному плазмовому реакторі. Основний принцип дії полягає в тому, що відходи змішуються з плазмою, утворюючи газоподібний продукт, який потім може бути здобутий та використаний як паливо для виробництва електроенергії або тепла.

Процес плазмової газифікації складається з кількох основних етапів:

- Підготовка відходів: Спочатку ТПВ піддаються попередній обробці, яка включає їх роздроблення та сортування для видалення негативних домішок та забруднень.
- Підігрів: Підготовлені відходи потрапляють в реактор, де їх підігрівають до високих температур за допомогою електричної плазми.
- Газифікація: Під дією високих температур у плазмовому середовищі відбувається термохімічний розклад відходів на складові гази, такі як водень, метан, карбонілові гази, а також тверді залишки.
- Охолодження та очищення: Отриманий газоподібний продукт охолоджується та очищується від шкідливих речовин, таких як діоксиди сірки чи діоксиди азоту.
- Використання: Готовий газ може бути використаний як паливо для виробництва електроенергії або тепла в спеціальних електростанціях [14].

Усі ці етапи можна показати у вигляді схеми, яка зображена на рисунку

2.1.

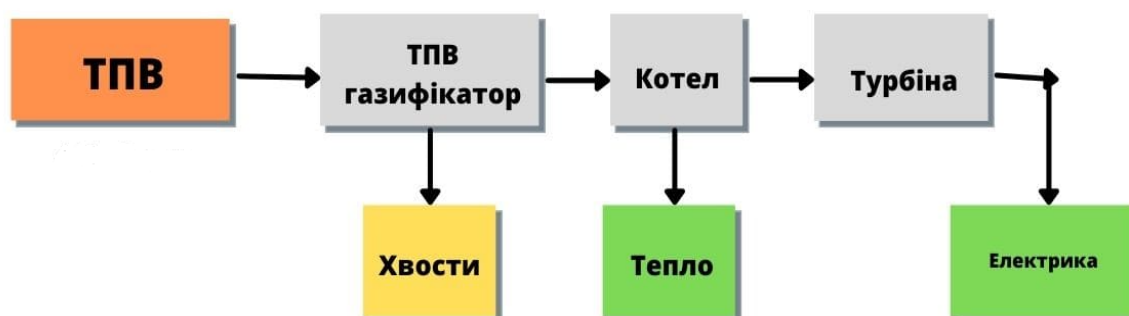


Рисунок 2.1 - Схема утилізації ТПВ та вироблення електроенергії

Плазмова газифікація відноситься до складних технологічних процесів, які потребують високих технічних знань та спеціалізованого обладнання. Нижче розглянемо деякі ключові технологічні аспекти плазмової газифікації:

- **Плазмовий реактор:** Основною частиною системи плазмової газифікації є плазмовий реактор, який створює високотемпературну плазму за допомогою електричних розрядів. На рисунку 2.2 представлено схему роботи плазмового реактору.
- **Подача твердих відходів:** Ефективне подання твердих відходів у плазмовий реактор важливо для забезпечення їхнього рівномірного опалення та газифікації.
- **Управління процесом:** Контроль за температурою, тиском та складом газової суміші в плазмовому реакторі виконується за допомогою спеціалізованих систем автоматизації та моніторингу.
- **Очищення газу:** Після газифікації газ потребує очищення від шкідливих речовин та домішок, яке забезпечується спеціальними системами очищення [14].

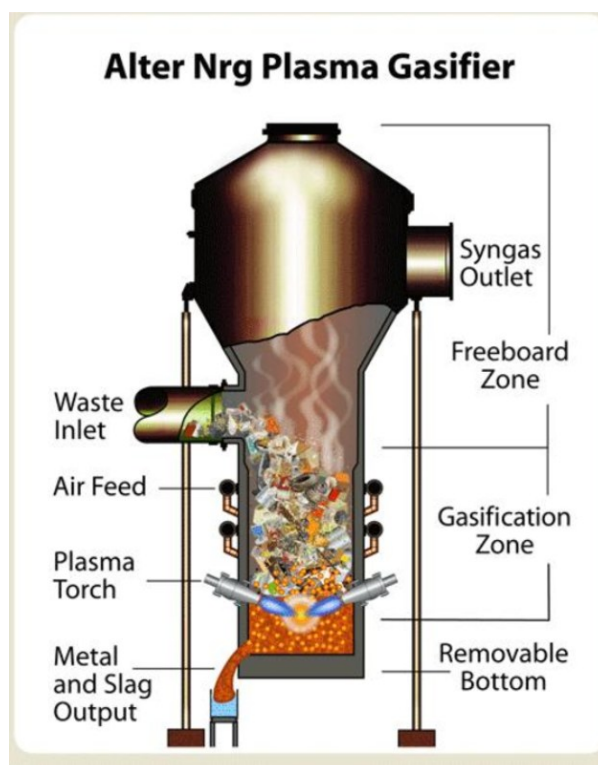


Рисунок 2.2 - Плазмовий ректор [15]

Переваги та перспективи плазмової газифікації:

- Енергетична ефективність: Плазмова газифікація вважається одним з найбільш енергоефективних методів переробки ТПВ, оскільки вона дозволяє використовувати великий діапазон відходів для виробництва енергії.
- Мінімізація викидів: Чистий газ, отриманий в результаті плазмової газифікації, має низький рівень викидів шкідливих речовин, що робить цей процес екологічно безпечним.
- Універсальність: Плазмова газифікація може бути застосована для обробки різноманітних видів ТПВ, включаючи пластик, органічні матеріали та інші.
- Перспективи розвитку: Завдяки постійному розвитку технологій плазмова газифікація стає все більш доступною та ефективною, що відкриває нові можливості для використання цього методу в масштабних проектах утилізації ТПВ.

Недоліки плазмової газифікації:

- Доволі висока вартість будівництва та використання установок, потрібних для газифікації
- Необхідність сильного потрібнення відходів, що викликає за собою додатковий необхідний процес на заводі.
- Невелика потужність підприємства у порівнянні зі сміттєспалювальними заводами.

[16].

Згідно з інформацією компанії LENNOX, що будує утилізаційні підприємства ТПВ за методом плазмової газифікації в Україні:

- Необхідна земля для будівництва та експлуатації - 4-6 га.
- ТПВ обсяг споживання - до 440,000.00 кг/день
- Обсяг виробництва електроенергії - до 20 мВт
- Обсяг Тепловиділення - до 20 мВт

- Необхідний персонал (приблизно) - ~ 50 фахівців
- Ґрунтуючись на досвіді в США і розрахункових даних для заводів в Туреччині, Камеруні і Україні, за оцінками, термін окупності заводу становить 3-4 років після введення в експлуатації [17].

Відповідно до цієї інформації, можемо зробити висновок, що з 1 т ТПВ можливо отримати приблизно 45454 Вт електроенергії та ще стільки-ж 45454 Вт тепловиділення. За даними м.Дніпра, кількість ТПВ за рік складає 328457,32 т, відповідно за 1 день кількість ТПВ складає приблизно 899,88 т сміття, з чого можемо зробити висновок, що ми можемо отримувати максимальну кількість корисних ресурсів з методу плазмової газифікації. Більш доцільно, буде встановити 2 таких підприємства з переробки відходів, щоб зменшити кількість ТПВ, що буде захоронюватись.

2.1.2 Піроліз побутових відходів

Піроліз є одним із перспективних методів отримання енергії з твердих побутових відходів, що в сучасний час набуває все більшої популярності та значущості. Цей процес, базуючись на термічному розкладанні органічних матеріалів за високих температур та без доступу повітря, дозволяє перетворювати ТПВ у корисні гази, рідкі та тверді продукти, які можуть бути використані для виробництва енергії та інших цінних продуктів. Зараз ми розглянемо принцип дії піролізу, його основні переваги та обмеження, технологічні аспекти та потенційні перспективи використання цього методу для утилізації ТПВ.

Схему роботи можна описати наступними етапами:

1. Прийом та сортування ТПВ:

- ТПВ завантажується в бункер-конвеєр, де розриваються поліетиленові пакети та відбувається первинне сортування.
- Сепараційний барабан розділяє відходи на різні фракції, які потім транспортуються на наступні етапи.

2. Ручне сортування та магнітна сепарація:

На цьому етапі вручну вибираються:

- пластик (ПЕТ пляшки, ПП та ПЕ тара);
- скло;
- чорні та кольорові метали;
- будівельне сміття.

3. Подрібнення:

- Подрібнювач (шредер) перетворює ТПВ на фракцію з розміром частинок 20-50 мм (залежно від потреб).
- Дозатор-живильник забезпечує рівномірну подачу подрібненого матеріалу на сушіння.

4. Сушіння:

- Сушильний барабан знижує вологість подрібненого матеріалу, готуючи його до подальшої переробки.
- Тепло для сушіння може генеруватися газовим або іншим тепловим агентом.

5. Подрібнення та пневмотранспорт:

- Молоткова дробарка подрібнює висушений матеріал до фракції 5-10 мм.
- Система пневмотранспорту транспортує готове RDF-паливо на наступний етап [18].

На рисунку 2.3 наочно показана схема роботи переробки ТПВ методом піролізу.

Рециклінг твердих побутових відходів методом піролізу має свої переваги та недоліки, які важливо враховувати при оцінці ефективності та прийнятті рішень щодо використання цього методу. Розглянемо їх детальніше:

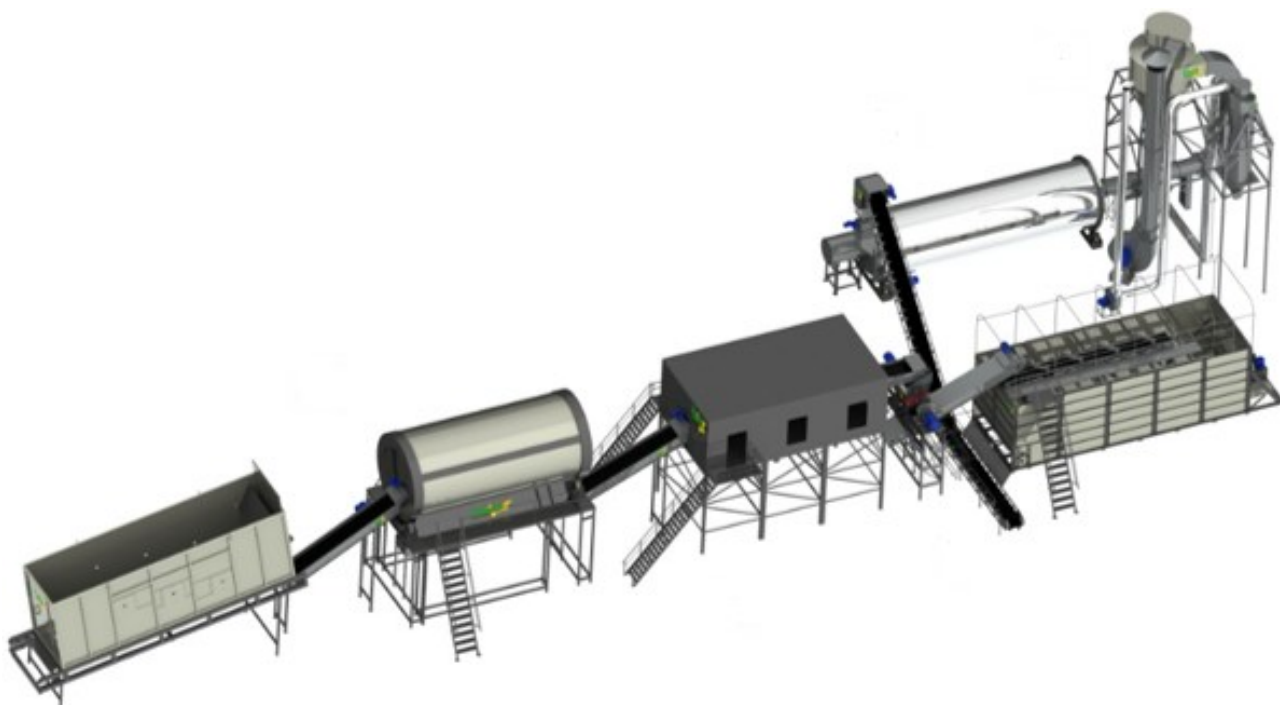


Рисунок 2.3 - Схема утилізації ТПВ методом піролізу [18]

Переваги:

1. Висока енергетична ефективність: Піроліз дозволяє ефективно використовувати енергію, що міститься в ТПВ, для виробництва електроенергії та тепла. Під час процесу піролізу відбувається конвертація органічних матеріалів у газоподібні палива, які можуть бути використані для генерації електроенергії в когенераційних або теплогенераційних установках.

2. Мінімізація відходів: Піроліз перетворює ТПВ на корисні гази, рідкі та тверді продукти, зменшуючи кількість відходів, які потрапляють на сміттєзвалища або викидаються на утилізацію. Це дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та здійснювати більш сталий управління відходами.

3. Низькі викиди: Під час піролізу викиди забруднюючих речовин можуть бути мінімізовані через відсутність повітряного доступу та контрольований режим розкладання органічних сполук. Це дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин, таких як оксиди азоту та сірки, порівняно з іншими методами утилізації ТПВ, такими як спалювання.

4. Відновлюваність: Піроліз може бути виконаний з використанням різних видів палива, включаючи біомасу, вугілля, пластмаси та інші відходи. Це дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяє розвитку відновлюваних джерел енергії.

Недоліки:

1. Висока вартість обладнання: Встановлення та експлуатація обладнання для піролізу може бути високо вартісною процедурою. Це включає в себе піролізні реактори, системи подачі відходів, очисні установки та інші компоненти, що можуть потребувати значних капіталовкладень.

2. Потреба у великих площах землі: Для встановлення та експлуатації піролізних установок може потрібно значне земельне володіння. Це може бути обмежуючим фактором в урбанізованих або забудованих районах.

3. Викиди CO₂: Під час процесу піролізу відбувається виділення діоксиду вуглецю (CO₂), який вважається основним газом, що сприяє парниковому ефекту та змінам клімату.

4. Складність сортування відходів: Для ефективного проведення піролізу необхідно сортувати відходи та видаляти нежитлові матеріали. Це може бути складним та витратним процесом.

Хоча піроліз має свої обмеження та недоліки, він залишається перспективним методом утилізації ТПВ, який може допомогти забезпечити сталість управління відходами та зменшити залежність від традиційних джерел енергії.

Судячи з інтернет джерела [20], вартість піролізного заводу, для переробки залежить від великої кількості факторів, таких як: потужність заводу, тип сировини, рівень автоматизації, місцезнаходження. Пропоную розглянути піролізну установку, яка буде базуватись на переробці пластику. З цього пластику ми будемо отримувати у кінцевому продукті мазут та сажу. Мазут та сажу можна використовувати, як сировину для виробництва:

- провідів, електронів, батарей;

- фарби та чорнил;
- гуми, шин;
- пластмас;
- мастильних мат.еріалів;
- фільтрів

Відповідно, сировину, яку ми будемо отримувати після піролізу, можна буде продавати, таким чином можна буде швидше окупити наш піролізний завод.

Судячи з наших розрахунків, приблизна кількість пластмас, яку ми отримуємо від жителів міста Дніпра, становить 15% від загальної кількості сміття, а це у свою чергу 328457,32 т сміття на рік. Відповідно, кількість сміття, яке буде потрапляти кожного року на полігон становить $328457,32 * 15 / 100 = 49268,6$ т. Відповідно щодня буде потрапляти $49268,6 / 365 = 134,98$ т пластику.

Судячи зданих сайту компанії Beston Group [20], приблизна вартість заводу, який буде перероблювати 50-100 т пластику на день, буде коштувати від 3 000 000 до 5 000 000 USD, остаточну ціну можна дізнатись після оцінки компанією Beston Group усіх факторів. Приблизний вихід зі 100 т пластику на день буде складати 40-50 т мазуту та 10-20 т сажі. В середньому 1 т мазуту коштує 450 USD, а 1 . сажі коштує теж 450 USD. В середньому, вартість одного дня роботи такого заводу можу варіюватися від 50 000 до 200 000 грн., що становить у середньому 1250 00 грн. на день, що дорівнює приблизно 3215 USD.

З чого виходить, що за 1 день роботи піролізного заводу, який перероблює 100 т пластику, ми можемо заробити $(45+15)*450-3215= 23785$ USD. З чого виходить, що піролізний завод буде окуповуватись мінімум $4000000/23785 = 169$ днів.

2.2 Отримання компосту із твердих побутових відходів

Отримання компосту з твердих побутових відходів є актуальною темою в контексті сталого розвитку, екологічної рівноваги та збереження природних

ресурсів. Саме тому перетворення твердих побутових відходів у корисний компост виявляється як перспективний та екологічно безпечний процес.

Перед початком розгляду процесу отримання компосту з твердих побутових відходів, важливо зрозуміти сутність самого компосту. Компост – це природний продукт розкладання органічних матеріалів, який використовується для покращення родючості ґрунту. Він містить в собі різноманітні поживні речовини, які сприяють зростанню рослин і підтримують біологічну активність ґрунту.

Процес отримання компосту з твердих побутових відходів ґрунтується на принципах переробки природних матеріалів за допомогою мікроорганізмів у відсутності кисню (компостування) або в присутності кисню (вермікомпостування). Цей процес розкладання органічних речовин відбувається в умовах оптимальної вологості, температури та вентиляції, що сприяє формуванню стабільного компосту.

Основна перевага отримання компосту з твердих побутових відходів полягає у зменшенні обсягу відходів, що направляються на звалище, та у зменшенні викидів шкідливих газів до атмосфери. Це сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та збереженню природних ресурсів.

Однак, важливо враховувати деякі важливі аспекти при виробництві компосту з твердих побутових відходів. По-перше, необхідно відокремлювати органічні від пластикових та інших неорганічних матеріалів, оскільки їх присутність може ускладнити процес компостування та забруднити кінцевий продукт. По-друге, важливо контролювати температуру, вологість та вентиляцію під час процесу компостування для досягнення оптимальних умов для мікроорганізмів.

Крім того, потрібно усвідомлювати потенційні небезпеки, пов'язані з використанням компосту. Наприклад, недостатня обробка компосту може призвести до наявності патогенних мікроорганізмів у кінцевому продукті, що

може становити загрозу для здоров'я людини. Тому важливо дотримуватися відповідних стандартів та процедур безпеки під час виробництва та використання компосту.

У підсумку, отримання компосту з твердих побутових відходів є ефективним інструментом управління відходами, що сприяє збереженню навколишнього середовища та збереженню природних ресурсів. Процес компостування відображає важливість переходу до більш сталого способу життя та споживання, де відходи перетворюються у цінні ресурси. Такий підхід сприяє створенню екологічно збалансованого суспільства, яке дбає про навколишнє середовище.

2.2.1 Технологія польового компостування відходів

Технологія польового компостування відходів стала предметом великого інтересу в сучасному світі, особливо в контексті стрімкого розвитку екологічної свідомості та пошуку ефективних методів управління відходами. Цей підхід вирізняється своєю природністю, простотою та високою ефективністю у перетворенні органічних відходів на корисний компост, при цьому мінімізуючи негативний вплив на довкілля.

Польове компостування відходів базується на принципі натурального розкладання органічних матеріалів у відкритому просторі природнього середовища, такого як поле чи сад. Ця технологія не вимагає складних споруд чи спеціального обладнання, що робить її доступною для використання навіть у віддалених або малоурбанізованих районах.

Одним з головних переваг польового компостування є його природність. Відходи розкладаються під впливом мікроорганізмів, які знаходяться в ґрунті, без штучних хімічних добавок чи обробок. Це сприяє формуванню високоякісного компосту, багатого на поживні речовини, який може бути використаний для підживлення ґрунту та підтримки росту рослин.

Крім того, польове компостування сприяє зменшенню обсягу відходів, що направляються на сміттєзвалища, та зменшенню викидів шкідливих газів, таких як метан, до атмосфери. Це допомагає зменшити негативний вплив на клімат та зберегти природні ресурси [21].

Варто також зазначити, що польове компостування сприяє активізації мікробного життя в ґрунті, що позитивно впливає на його структуру та родючість. Це може бути особливо корисним у сільськогосподарських регіонах, де збереження родючості ґрунту має велике значення для успішного вирощування сільськогосподарських культур.

Отже, технологія польового компостування відходів відкриває перед суспільством нові перспективи управління відходами та збереження навколишнього середовища. Її природність, ефективність та простота роблять її важливим інструментом у розвитку сталого способу життя.

У природних умовах органічна речовина розкладається повільно за допомогою різних мікроорганізмів та безхребетних і утворює чорно-коричневий землястий матеріал, що має назву гумус і стає ключовим компонентом для збагачення ґрунтів. Процес компостування відтворює ці природні механізми, але спричиняє їх прискорення через строгий контроль над такими параметрами, як початковий матеріал, температура, вологість та рівень кислотності (pH). Це суттєво відрізняє компостування від природного процесу розкладання. Якість вихідних матеріалів і різноманітні біологічні та фізичні параметри мають значущий вплив на якість отриманого компосту та можуть призводити до виникнення проблем при експлуатації майданчиків для компостування. Коректно організовану компостну купу можна порівняти з взаємодіючою біологічною та екологічною системою [22].

Технологія польового компостування полягає у тому, що сировина розміщується у спеціальних довгих та вузьких купах. У цих купах сировину вкладають певними шарами, які можна розділити на 4 частини:

- Основа: гілки, солома, тирса (товщина 10-15 см).

- Перший шар: органічні відходи (харчові, зелені, тваринні) з додаванням біоактиватора (за потребою).
- Наступні шари: чергування органічних відходів з прошарками структуроутворюючих матеріалів (солома, тирса, подрібнена кора).
- Завершення: формування трапецієподібного штабеля з ущільненням та зволоженням

При вкладанні сировини такими шарами посилюється пасивна аерація. Важливо зауважити, що поруч, обов'язково, має бути розташування води, бо треба постійно підтримувати вологість компосту, а вона має складати 50-60%.

Ці штабеля, частіш всього, становлять 300 – 600 см у ширину, а у довжину обмежень та рекомендацій не мають, адже це залежить лише від наших можливостей.

Також, необхідно зазначити, що компостні штабеля необхідно накривати для підтримання вологості, а також зменшити теплообмін з навколишнім середовищем. Накривати можна наступними матеріалами:

1. Брезент:

- Найпоширеніший і доступний варіант.
- Захищає компост від дощу, вітру і сонця.
- Зберігає тепло і вологу, що прискорює процес компостування.
- Важливо вибрати брезент з водовідштовхувальним просоченням.

2. Мішковина:

- Натуральний і екологічний матеріал.
- Добре пропускає повітря, що важливо для аерації компосту.
- Не рекомендується використовувати в дощову погоду, адже може швидко промокнути.

3. Солома:

- Доступний і екологічний матеріал.
- Захищає компост від пересихання.
- Може ускладнити доступ до компосту.

4. Листя:

- Доступний і екологічний матеріал.
- Захищає компост від пересихання.
- Може ущільнюватися і ускладнювати аерацію компосту.

5. Картон:

- Доступний матеріал.
- Захищає компост від пересихання.
- Може ущільнюватися і ускладнювати аерацію компосту.

6. Спеціальні компостери:

- Ємності, спеціально розроблені для компостування.
- Забезпечують оптимальні умови для компостування.
- Можуть бути дорогими.

Тривалість компостування польовим методом становить 12-18 місяців. На цей час можна вплинути, регулярно перелопачуючи штабеля, таким чином тривалість компостування буде зменшена [23].

Переваги:

- Простота та доступність: Не потребує спеціального обладнання, лише органічні відходи та місце для компостування.
- Економічність: Дозволяє економити на покупних добривах, адже компост є чудовим джерелом поживних речовин для ґрунту.
- Екологічність: Зменшує кількість відходів, що йдуть на звалища, та сприяє збереженню природних ресурсів.
- Покращення структури ґрунту: Компост розпушує ґрунт, покращує його дренаж та аерацію, що сприятливо впливає на ріст рослин.
- Підвищення родючості ґрунту: Компост збагачує ґрунт поживними речовинами, необхідними для росту рослин, такими як азот, фосфор, калій та інші мікроелементи.

- Зменшення потреби у хімічних добривах: Компост може частково або повністю замінити хімічні добрива, що робить його більш екологічним та безпечним для довкілля.
- Різноманіття методів: Існує багато методів польового компостування, що дозволяє вибрати найбільш підходящий для ваших потреб.
- Залучення корисної фауни: Компостна купа стає домом для дощових черв'яків та інших корисних комах, які покращують структуру ґрунту.

Недоліки:

- Потрібна певна площа: Для компостування потрібна ділянка землі, де буде розташовуватися компостна купа.
- Може займати багато часу: Процес компостування може тривати від 3 до 6 місяців, залежно від типу відходів та погодних умов.
- Необхідність моніторингу та контролю: Важливо регулярно перевіряти температуру, вологість та аерацію компосту, щоб забезпечити оптимальні умови для його розкладання.
- Ризик виникнення неприємного запаху: При неправильному компостуванні може виникати неприємний запах, який може
- Необхідність подрібнення: Великі матеріали, такі як гілки, рекомендується подрібнювати перед компостуванням.
- Не всі відходи підходять: Деякі відходи, такі як м'ясні та молочні продукти, не рекомендується компостувати.
- Ризик забруднення: Необхідно вживати заходів, щоб компостна купа не забруднювала довкілля

Польове компостування має ряд переваг, таких як простота, доступність, екологічність та економічність. Воно може покращити структуру та родючість ґрунту, зменшити потребу у хімічних добривах та сприяти розвитку корисної ґрунтової фауни. Однак, існують і деякі недоліки, які слід враховувати. Потрібна певна площа для розміщення компостного штабелю, а сам процес компостування може займати значний час. Також необхідний регулярний моніторинг та

контроль вологості, температури та аерації для запобігання неприємного запаху. Не всі органічні відходи підходять для компостування, а неправильне поводження з компостною купою може призвести до забруднення довкілля.

Вихідний розмір компосту залежить від дуже багатьох факторів, таких як: сировина, тип компостування, матеріал накривання, періодичність перемішування, характеру сировини і т.д. Але в загальному він коливається від 30% до 50%.

Судячи з наших попередніх розрахунків, відсоток продовольчих відходів у місті Дніпро знаходиться на рівні 45-50%. Це значить, що за рік Правобережний полігон отримує близько $328457,32 * 45 / 100 = 147805,79$ т органічних відходів, які можна використовувати у компостуванні.

Щоб розрахувати кількість території, потрібної для компостування цієї кількості відходів, візьмемо, що щільність компосту буде складати $0,6 \text{ т/м}^3$, висота компостної штабелю 2 м, а ефективність компостування 60%. Завдяки цьому отримаємо, що кількість компосту буде становити $147805,79 * 1 / 0,6 = 246343$ т, відповідно об'єм компосту буде становити $246343 / 0,6 = 410572 \text{ м}^3$. Відповідно площа, потрібна для компостування буде дорівнювати 205286 м^2 .

Площа Правобережного полігону міста Дніпра становить 131,5 га., відповідно площа, яку займе ферма з компостування, буде складати $205286 * 100 / 1315000 = 15,6\%$ від загальної площі полігону [24].

Вихідний об'єм компосту буде становити 30-50%, візьмемо 30%. Відповідно, кількість отриманого компосту, після польового компостування буде становити $147805,79 * 30 / 100 = 44341,74$ т. Вартість компосту, в середньому становить 300 грн. за $0,02$ т, відповідно за рік м.Дніпро може заробити на компостуванні близько $300 * 44341,74 / 0,02 = 665126100$ грн. Вартість обладнання 1 м^2 становить близько 20 USD з врахуванням роботи. Відповідно нам прийдеться витратити на установку близько $20 * 205286 * 38,7 = 158891364$ грн.

2.2.2 Технологія компостування побутових відходів у біореакторах

Використання технології компостування побутових відходів у біореакторах відіграє важливу роль у сучасному світі, де стійке вирішення проблеми управління відходами стає все більш важливим завданням. Ця інноваційна методика стає ключовим елементом в системі виробництва, який спрямований на збереження навколишнього середовища та створення сталого способу життя.

Технологія компостування в біореакторах полягає в контрольованому процесі розкладання органічних відходів у спеціальних контейнерах, де забезпечуються оптимальні умови для діяльності мікроорганізмів. Цей процес відбувається в умовах підвищеної температури, вологості та вентиляції, що сприяють швидкому та ефективному перетворенню органічного матеріалу в корисний компост.

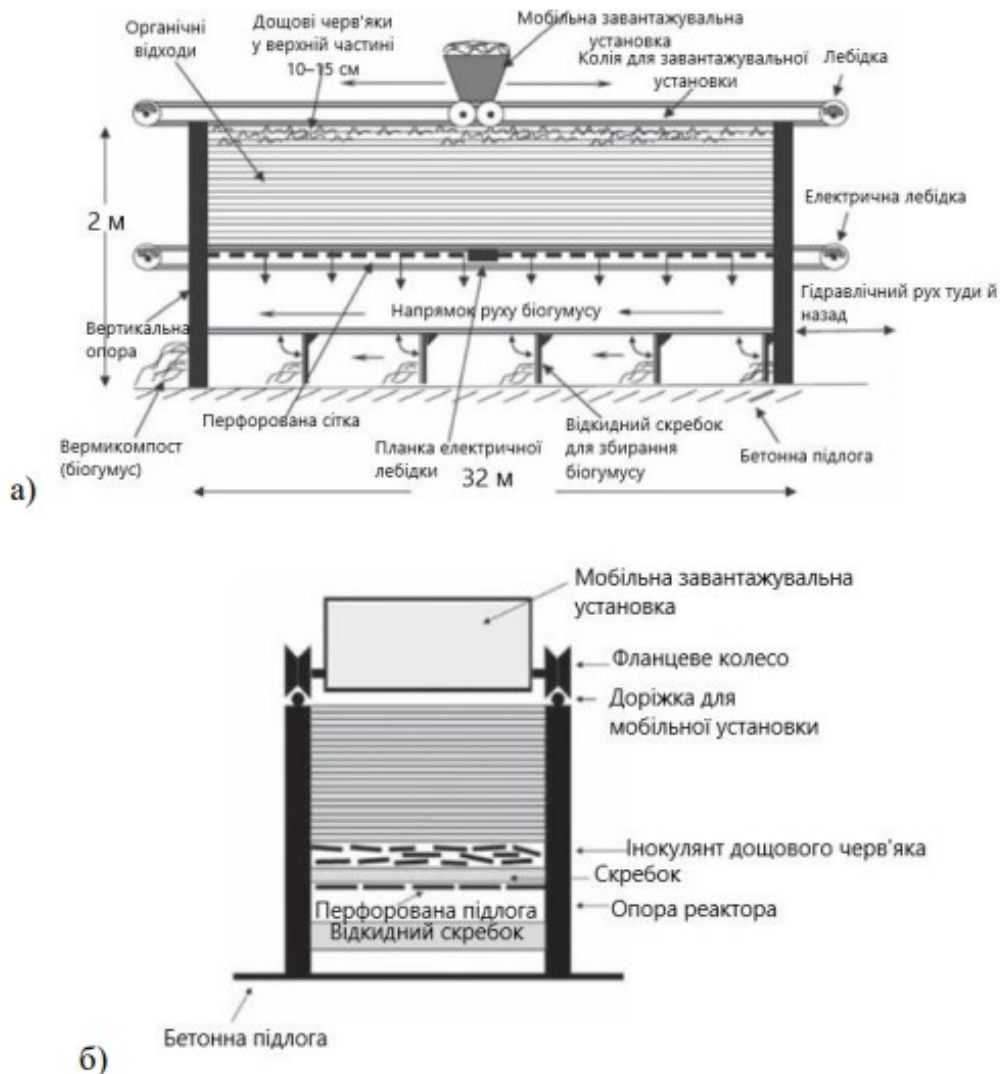
Важливою перевагою технології компостування в біореакторах є її ефективність та швидкість. У порівнянні з традиційним компостуванням, цей метод дозволяє значно скоротити час, необхідний для отримання готового компосту, що зменшує витрати на його виробництво та прискорює цикл обробки відходів.

Крім того, технологія компостування в біореакторах є більш гігієнічною та безпечною, оскільки контрольовані умови у біореакторі зменшують ризик розвитку шкідливих мікроорганізмів та запахів.

Цей підхід також дозволяє оптимально використовувати обмежений простір, оскільки біореактори можуть бути розміщені як у місцях з високою густиною населення, так і у сільських районах.

Усе це робить технологію компостування в біореакторах привабливим та перспективним рішенням у сфері управління відходами, сприяючи збереженню довкілля та розвитку сталого господарства.

Аеробне компостування протікає у спеціальних реакторах безперервної дії, їх ще називають вермиреактором [21]. Схему роботи вермиреактору можна побачити на рисунку 2.4.



а) – вид збоку; б) – вид спереду

Рисунок 2.4 - Вермиреактор безперервної дії з торця [25]

Перш за все необхідно рівномірно наносити органічні відходи на поверхню кожні 1-2 дні за допомогою завантажувального пристрою товщиною від 1 до 3 см. Для збору біогумусу можна використовувати механічні методи пропускання через перфоровану металеву решітку (підлогу) з розміром отвору 5 см × 10 см, за допомогою ручної або електричної лебідки переміщати в будь-якому напрямку по всій довжині реактора.

Біогумус, який накопичується на підлозі, можна видалити з-під реактора за допомогою скребкової системи з гідравлічним приводом, подібної до тієї, що використовується для очищення коров'ячого гною в хлівах.

Реактори безперервної дії для вермикомпостування можуть бути найрізноманітнішими: від середньотехнологічних систем з ручним завантаженням і збором біогумусу до повністю автоматичних проточних реакторів безперервної дії з електричним або гідравлічним приводом. Однорідна популяція дощових черв'яків (*Eisenia fetida*) приблизно 9 кг/м² забезпечує максимальну продуктивність реактора.

Один реактор може переробляти органічні відходи на глибині 1 м протягом 30-60 днів, залежно від вихідного субстрату, приблизно 1000 т на рік або 3 т на добу [26].

Розглянемо переваги та недоліки технології компостування з використанням вермиреактору:

Переваги:

- **Ефективність:** Вермикомпостування може прискорити процес розкладання органічних матеріалів за рахунок активної роботи дощових черв'яків. Це дозволяє отримувати високоякісний компост швидше, порівняно з традиційними методами.
- **Висока якість компосту:** Компост, отриманий за допомогою вермиреактора, містить більше корисних мікроорганізмів та мінералів, що робить його ідеальним для покращення ґрунту та рослинного росту.
- **Екологічність:** Вермикомпостування є природним та екологічно чистим процесом, який не вимагає використання хімічних добрив або отруйних речовин.
- **Мінімальний запах:** У порівнянні з іншими методами компостування, вермикомпостування має менший неприємний запах, оскільки дощові черв'яки ефективно розкладають органічні матеріали.

Недоліки:

- Вимоги до середовища: Дощові черв'яки потребують специфічних умов для життя та розвитку, включаючи вологу, температуру та харчування. Неправильно налаштовані умови можуть призвести до недосягнення бажаних результатів.
- Обмежена масштабованість: Вермикомпостування може бути менш ефективним для великих обсягів органічних відходів порівняно з іншими методами компостування, оскільки вимагає відносно більше простору та уваги.
- Високі витрати на утримання: Дощові черв'яки потребують постійного догляду та утримання, що може вимагати часу та зусиль.

2.3 Отримання біогазу з твердих побутових відходів

В сучасному світі, де питання енергетичної ефективності та екологічної стійкості стають все більш актуальними, отримання біогазу з твердих побутових відходів є одним з перспективних напрямків вирішення енергетичних та екологічних проблем. Ця технологія, яка базується на конвертації органічних матеріалів у відновлювану енергію, має великий потенціал для зменшення залежності від традиційних джерел енергії та зменшення викидів парникових газів.

Отримання біогазу з твердих побутових відходів полягає у процесі біологічного розкладання органічних матеріалів у відсутності кисню, що призводить до вироблення метану та вуглекислого газу.

Однією з ключових переваг отримання біогазу з твердих побутових відходів є можливість перетворення відходів, які в іншому випадку були б викинуті на смітник або відправлені на сміттєзвалище, на цінне джерело енергії. Це сприяє зменшенню обсягу відходів, які потрапляють на сміттєзвалища, та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище. Крім того,

використання біогазу сприяє розвитку відновлюваної енергетики та зменшенню залежності від нестабільних джерел енергії, таких як нафта та вугілля.

Ще однією перевагою цієї технології є можливість використання біогазу для виробництва тепла та електроенергії. Біогаз може бути використаний як паливо для спалювання у спеціальних котлах або генераторах, що дозволяє використовувати його для опалення будівель, гарячого водопостачання або виробництва електроенергії. Це робить біогаз важливим джерелом енергії, особливо для регіонів, де доступ до традиційних джерел енергії є обмеженим або дорогим.

Незважаючи на численні переваги, отримання біогазу з твердих побутових відходів має свої виклики та обмеження. Одним із найбільших викликів є складність технології та високі витрати на встановлення та утримання обладнання для збору та обробки біогазу. Також важливо враховувати вплив на навколишнє середовище, зокрема викиди парникових газів під час процесу виробництва біогазу. До інших можливих недоліків можна віднести недостатню ефективність технології у деяких умовах, а також обмежену масштабованість виробництва біогазу.

2.3.1 Технологія зброджування органічної складової твердих побутових відходів у метантенках

На сьогоднішній день, коли екологічні проблеми із сміттям стають все більшими, технології зброджування органічної складової твердих побутових відходів у метантенках здобувають все більший інтерес та популярність. Ця технологія представляє собою ефективний та екологічно чистий спосіб перетворення органічних відходів у корисний біогаз, який може бути використаний для виробництва електроенергії та тепла.

Зброджування органічних відходів у метантенках є складним процесом, що вимагає точного контролю та оптимальних умов для ефективного перетворення матеріалу. У метантенках, спеціальних резервуарах для зброджування,

мікроорганізми розкладають органічні речовини, виділяючи при цьому біогаз - головним складником якого є метан, а також деяку кількість вуглекислого газу та інших компонентів.

Однією з ключових переваг цієї технології є можливість використання великої кількості органічних відходів, які інакше б викидалися на смітник або заходилися на сміттєзвалищах, що має великий екологічний негативний вплив. Збродження у метантенках дозволяє зменшити кількість викидів та максимально використовувати потенціал органічних відходів.

Крім того, біогаз, який виробляється в результаті збродження, може бути використаний для генерації електроенергії та тепла, що робить цей процес ще більш привабливим як з екологічної, так і з економічної точок зору.

На рисунку 2.5 зображено схему роботи біогазової установки.

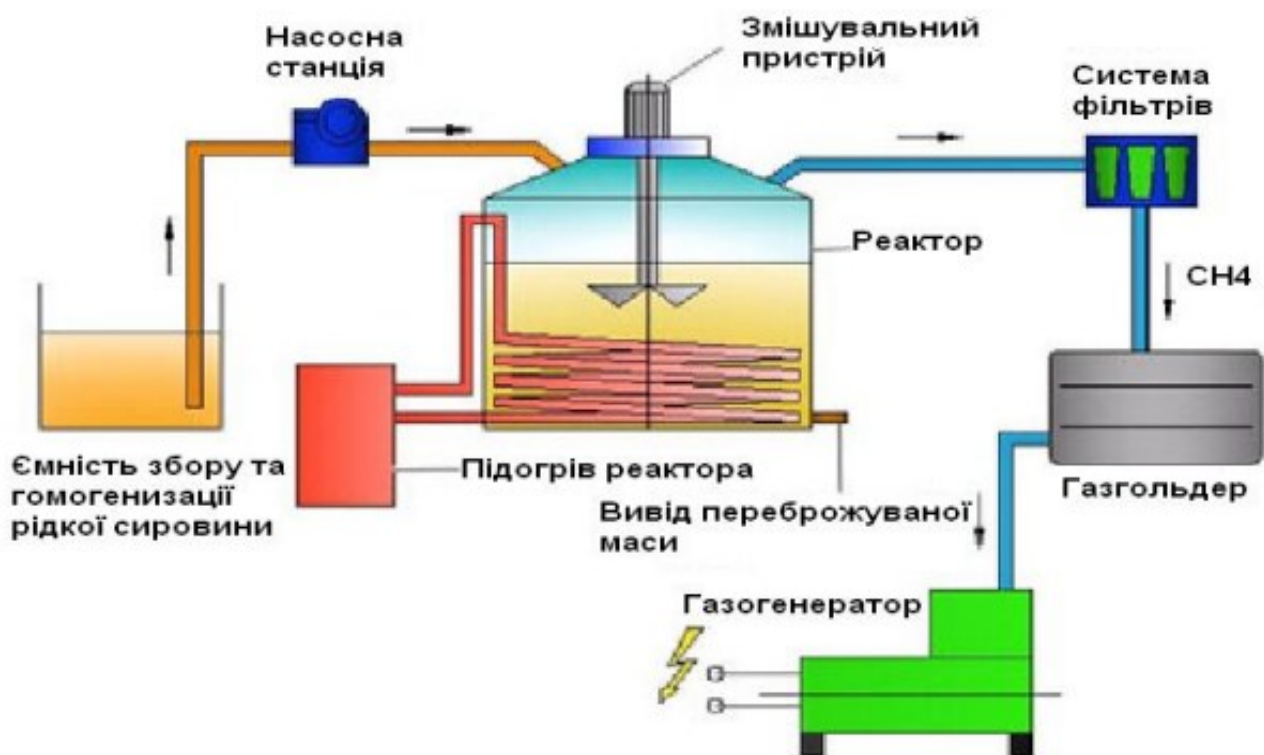


Рисунок 2.5 - Приклад біогазової установки [27]

Роботу біогазової установки можна умовно поділити на 4 фази:

Фаза I: управління субстратом.

Початковий етап роботи біогазової установки – це керування субстратом. Завдяки цьому етапу ефективність виробництва біогазу розпочинається зі зберігання та попередньої підготовки субстрату в приймальному резервуарі біогазової станції.

В залежності від типу субстрату і методу ферментації (волога або суха ферментація), приймальний резервуар виконує підготовчі процедури, результати яких впливають на загальну продуктивність біогазового виробництва.

У приймальному резервуарі субстрат роздроблюється і гомогенізується, щоб забезпечити метаногенним мікроорганізмам необхідний доступ до поживних речовин у субстратах, а цей етап є важливим для оптимізації наступних виробничих процесів.

Фаза II: виробництво біогазу.

Формування біогазу відбувається в серці біогазової установки – у метантенці. Основна функція метантенка полягає в створенні умов для фізичної взаємодії субстрату/суміші субстратів, температури виробничого процесу та метаногенних мікроорганізмів.

Виробництво біогазу відбувається за наступними обов'язковими умовами:

- Метантенк повинен бути газонепроникним, а також непрозорим.
- Пристрої, які забезпечують перемішування, повинні забезпечувати необхідний рівень перемішування субстратів, а швидкість їх обертання не повинна шкодити метаногенним мікроорганізмам.
- Температура процесу метаногенезу повинна бути постійною та забезпечуватися внутрішньою або зовнішньою системою опалення.
- Ефективна теплоізоляція необхідна для попередження теплових втрат та забезпечення оптимальних умов функціонування біогазової станції.

Фаза III: зберігання дегістату.

Після зброджування органічні відходи та залишки перетворюються на CO₂-нейтральний дегістат – високоякісні органічні добрива. Дегістат

накопичується та тимчасово зберігається (до 8-9 місяців) у резервуарах-сховищах закритого або відкритого типу, або в лагунах закритого типу.

Зазвичай рекомендуються закриті резервуари-сховища, оскільки така система дозволяє відбирати залишковий потенціал біогазу, який може становити до 5-7%.

Фаза IV: енергетичне перетворення біогазу в електричну та теплову енергію.

Ферментаційні процеси визначають вихід газу біогазової установки, і чим краще вони проводяться, тим вищий вихід газу має біогазова установка. З цього газу можна отримати енергію шляхом його згоряння в когенераційних модулях. Важливо забезпечити ефективне використання енергії, що виробляється, для задоволення потреб у теплі та електриці. Це сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та сприяє збереженню довкілля [28].

Поговоримо про переваги та недоліки технології компостування побутових відходів у біореакторах.

Переваги:

- Контрольованість процесу: Біореактори дозволяють точно контролювати умови компостування, включаючи температуру, вологість, та рівень кисню. Це забезпечує оптимальні умови для діяльності мікроорганізмів та сприяє ефективному розкладанню відходів.
- Висока ефективність: Біореактори можуть забезпечити високий рівень розкладання органічних матеріалів, що дозволяє отримати більше корисного компосту за короткий період часу порівняно з іншими методами компостування.
- Мінімізація запахів: Контрольоване середовище у біореакторах допомагає утримати неприємні запахи, що можуть виникати від компостування, на мінімальному рівні. Це особливо важливо для областей зі значною густотою населення.

- Зменшення втрат поживних речовин: Контрольоване компостування у біореакторах дозволяє максимально використовувати поживні речовини, що містяться у відходах, перетворюючи їх у корисний компост без значних втрат.

Недоліки:

- Високі витрати на установку: Будівництво та установка біореакторів може бути дорогими, особливо для малих підприємств чи господарств.
- Потреба у спеціалізованому обладнанні та навичках: Ефективна експлуатація біореакторів вимагає спеціалізованого обладнання та навичок, що може бути вартісним та складним для навчання персоналу.
- Потреба у енергії: Робота біореакторів може бути залежною від електроенергії для підтримки оптимальних умов, що призводить до додаткових витрат на електроенергію.

Поговоримо трошки про вартість. За нашими попередніми розрахунками, на рік ми отримуємо приблизно 147805,79 т органічних речовин. Вартість заводу, який зможе отримувати і використовувати таку кількість речовини буде вартувати від 5 до 15 млн. EUR за даними компанії AC Group, яка надає послуги з будівництва таких заводів [29]. Судячи з результатів, які показує компанія AC Group можемо зробити висновок, що з 1 т органічних відходів на день можна отримати від 10 до 13 кВт/год електроенергії. Відповідно, ми щодня можемо надавати цьому заводу $147805,79/365=404,95$ т, з цього ми можемо розрахувати кількість електроенергії, яку може надавати завод з цієї кількості сировини: $404,95*11,5=4656,93$ кВт/год.

Вартість 1 кВт/год становить 0,1363 євро за даними [30], відповідно прибуток такого заводу в день буде становити $4656,93*0,1363=634,74$ євро. Таким чином, даний завод буде окуповуватись, приблизно $10000000/634,74=15754$ дні з чого можемо зробити висновок, що це буде становити приблизно 43 роки [31].

2.3.2 Перевід сміттєвозів на біогаз

У зв'язку зі зростаючою свідомістю суспільства щодо проблем екології та сталого розвитку, перевід сміттєвозів з бензину та дизельного палива на біогаз стає актуальною і важливою ініціативою. Сучасні проблеми, пов'язані з викидами парникових газів, вичерпанням природних ресурсів та забрудненням навколишнього середовища, ставлять перед суспільством нагальну задачу шукати екологічно чисті та ефективні рішення.

Перехід до використання біогазу у сфері збору та транспортування сміття має значний потенціал для зменшення викидів шкідливих речовин та забезпечення стійкого енергетичного виробництва. Біогаз, що виробляється з органічних відходів, відноситься до відновлюваних джерел енергії, що робить його екологічно чистим та стійким джерелом палива.

Однією з переваг переходу до використання біогазу є його відновлюваність та постійна доступність, оскільки він виробляється з органічних матеріалів, таких як продуктів харчування, рослинні відходи та інші біологічні речовини. Крім того, використання біогазу сприяє зменшенню потенційно небезпечних викидів звичайних сміттєвозів, тим самим покращуючи якість повітря та загальний екологічний стан у місцях їх експлуатації.

Загалом, переведення сміттєвозів на біогаз є кроком у напрямку сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Ця ініціатива відображає зусилля суспільства у впровадженні екологічно чистих технологій та сприяє створенню більш безпечного та здорового середовища для майбутніх поколінь [32].

Розширений доступ до екологічно чистого біопалива, такого як біометан – очищений біогаз – буде життєво важливим для індустріалізації міста. Біометан можна використовувати у вантажівках, що працюють на газі, без модифікації двигуна. Це означає, що для багатьох біометан має потенціал, щоб забезпечити суттєву економію коштів і переваги в екологічності без необхідності дорогого капітального ремонту автомобіля. Одним з найкращих виборів для роботи на

біогазі є Scania P 340, для того, щоб вона працювали на цьому виді палива, необхідно зробити наступні дії:

- Встановлення газових балонів: На сміттєвозі монтуються газові балони для зберігання біометану. Балони зазвичай виготовляються з композитних матеріалів, таких як вуглепластик, і мають високий рівень міцності та безпеки.
 - Встановлення газової системи: Встановлюється система подачі біометану з балонів до двигуна. Ця система включає в себе редуктор, труби, фільтри та інші компоненти.
 - Модифікується двигун: Змінюється тип форсунок та програмне забезпечення, щоб двигун правильно працював на цьому виді палива.
- На рисунку 2.6 зображена модифікована Scania P 340 від компанії Urbaser.



Рисунок 2.6 - Scania P 340 від компанії Urbaser [33].

Даний сміттєвоз має наступні технічні характеристики, що нас цікавлять:

- Тип двигуна: Дизельний двигун, модифікований для роботи на біометані;
- Потужність: 340 к.с.;
- Запас ходу: до 350 км;

- Об'єм кузова: 20 м³;
- Вантажопідйомність: 16 тонн.
- Об'єм баку 300 м³;
- Процес заправки: 10-15 хвилин [34].

Розглянемо переваги та недоліки сміттєвозу, що працює на біогазі:

Переваги сміттєвозу, що працює на біогазі:

1. Зменшення викидів: Біогаз значно знижує викиди парникових газів та інших шкідливих речовин порівняно з дизельним паливом. Це робить сміттєвози, що працюють на біогазі, більш екологічними.

2. Економія коштів: Біогаз може бути значно дешевше дизельного палива, що може призвести до економії коштів на експлуатації сміттєвозу.

3. Зменшення шуму: Біогаз при згорянні дає менше шуму, що може бути корисним при роботі в житлових зонах.

4. Покращення іміджу: Використання сміттєвозів, що працюють на біогазі, може покращити імідж компанії як екологічно відповідальної.

Недоліки сміттєвозу, що працює на біогазі:

1. Вища початкова вартість: Сміттєвози, що працюють на біогазі, зазвичай дорожчі за сміттєвози, що працюють на дизельному паливі.

2. Необхідність інфраструктури: Для заправки сміттєвозів біогазом потрібна спеціальна інфраструктура, яка може бути не доступна у всіх регіонах.

3. Менший запас ходу: сміттєвози, що працюють на біогазі, мають менший запас ходу, ніж сміттєвози, що працюють на дизельному паливі.

4. Вибухонебезпечність: Біогаз є вибухонебезпечною речовиною, тому при роботі з сміттєвозами, що працюють на ньому, необхідно дотримуватися спеціальних правил безпеки.

Розглянемо більш детально питання вартості сміттєвозу, що працює на біогазі. Вартість сміттєвозу, що працює на біогазі від компанії Urbaser, знаходиться на рівні від 100 000 до 250 000 євро в залежності від комплектації [35]. Візьмемо середню вартість, а саме 175 000 євро. Один звичайний новий

сміттевоз від компанії Scania коштує в середньому 150 000 євро, згідно інформації з порталу [36]. Відповідно доробка коштує в середньому 25 000 євро.

Витрата біогазу, виходить $85,71 \text{ м}^3 / 100 \text{ км}$, що вартує 514,26 грн. / 100 км, згідно вартості біогазу у 6 грн. в Україні, у середньому. Витрата звичайного сміттевозу Scania P 340 становить 35 л / 100 км, що вартує 2082,15 грн. / 100 км, згідно вартості палива 59,49 грн./л в Україні. Відповідно, з кожних 100 км можна економити понад $2082,15 - 514,26 = 1567,89$ грн.

Відповідно інформації з сайту Дніпровської міської ради, звичайний маршрут, на прикладі маршруту 6039 займає 74,27 км [37]. Відповідно на день витрачається близько 1546,41 грн. на бензині, а на біогазі могло-б витрачатися близько 381,94 грн. Таким чином, ми встановили, що на 1 сміттевозі можна економити понад $1546,41 - 381,94 = 1164,47$ грн., що становить 27,25 євро, щодня таких сміттевозів у Дніпрі працює понад 31, згідно інформації з сайту Дніпровської міської ради, відповідно економія буде складати 844,75 євро [38]. Одна вантажівка буде окуповуватись до бензинової приблизно $25000 / 27,25 = 918$ днів, що становить близько 2,5 роки.

2.4. Вилучення вторинної матеріальної сировини з побутових відходів

На момент настання XXI століття екологічні питання з твердими побутовими відходами вийшли на новий рівень, питання використання вторинної матеріальної сировини з побутових відходів набуває особливого значення. Із зростанням населення та споживання ресурсів, проблема управління відходами стає нагальною не лише з екологічного, але й з економічного погляду. Вилучення вторинної сировини з побутових відходів відіграє важливу роль у зменшенні тиску на довкілля, раціональному використанні ресурсів та забезпеченні сталого розвитку.

Перш за все, важливо розуміти, що побутові відходи містять у собі значну кількість ресурсів, які можна використати повторно. Від паперу та пластику до скла та металу – багато з тих речей, які ми щодня викидаємо, можуть бути

перероблені та використані для виробництва нових продуктів. Вилучення цих матеріалів з відходів дозволяє ефективно використовувати природні ресурси, зменшувати потребу у видобутку нових сировин та відновлювати екологічний баланс.

Крім того, процес вилучення вторинної сировини з побутових відходів сприяє створенню нових робочих місць та розвитку відповідних галузей промисловості. Від сортувальних центрів до переробних заводів, цей сектор економіки надає можливості для зайнятості інноваційним та екологічно свідомим способом. За допомогою правильно організованих систем управління відходами та стимулюючих заходів для підтримки вторинної переробки, можна створити стабільні та стійкі економічні механізми.

Варто також відзначити соціокультурні переваги вилучення вторинної сировини з побутових відходів. Заохочуючи населення до участі у сортуванні відходів та усвідомленого споживання, ми сприяємо формуванню екологічно відповідальної поведінки та культури. Це не лише допомагає зберегти природні ресурси, але й виховує наступне покоління свідомих громадян, здатних дбати про майбутнє планети.

У світлі вищезазначених факторів стає очевидним, що вилучення вторинної матеріальної сировини з побутових відходів є не лише необхідним, але й вигідним з багатьох аспектів. Це ефективний інструмент для розв'язання екологічних проблем, підтримки економічного розвитку та формування стійкої соціокультурної парадигми. Розуміння важливості цього процесу та прийняття відповідних заходів на всіх рівнях суспільства є ключем до створення більш здорового та збалансованого середовища для життя сучасного суспільства і майбутніх поколінь.

2.4.1 Організація системи сортування відходів населенням м. Дніпро

Місто Дніпро, як і багато інших мегаполісів, стикається з проблемою накопичення великої кількості відходів, що потребує комплексного підходу до

їх управління. Сортування відходів на джерелі є ефективним методом їх подальшої переробки та використання, а також допомагає уникнути негативного впливу на навколишнє середовище. Налагодження такої системи вимагає співпраці між владою, громадськістю та підприємствами сфери відходів.

Ініціативи щодо сортування відходів в місті Дніпро мають бути спрямовані на підвищення екологічної свідомості серед мешканців та створення зручних умов для їх участі у цьому процесі. Інформаційні кампанії, навчальні заходи та встановлення спеціальних контейнерів для сортування на вулицях міста можуть сприяти збільшенню обсягів переробки відходів та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Завдяки ретельному плануванню та активним заходам залучення громади, місто Дніпро може стати прикладом успішної реалізації системи сортування відходів, що сприятиме створенню чистішого та здоровішого середовища для всіх його мешканців.

Сортування сміття – це не лише процес, але й культурна практика, яка спрямована на збереження навколишнього середовища та ефективне використання ресурсів. Зазвичай відходи поділяються на кілька основних категорій, в залежності від їхнього типу та можливостей подальшого використання. Основні типи відходів, що підлягають сортуванню, включають органічні відходи, папір та картон, скло, пластик, металеві вироби тощо [39].

Органічні відходи включають у себе залишки їжі, фруктові шкаралупи, частини рослин тощо. Ці відходи можуть бути перероблені у компост, який стає корисним добривом для ґрунту та допомагає підтримувати його родючість. Переробка органічних відходів у компост також допомагає зменшити кількість відходів, які потрапляють на сміттєзвалища, тим самим зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище [40].

Папір та картон є ще одним важливим типом відходів, які можна ефективно сортувати. Сюди входять газети, журнали, коробки від продуктів, картонна упаковка тощо. Папір та картон можуть бути перероблені у вторинну

сировину для виготовлення нових паперових виробів, таких як папір, картон, упаковка тощо. Подальше використання вторинної сировини зменшує споживання деревини та енергії, необхідних для виробництва нового паперу та картону.

Скло також може бути сортовано та перероблено. Сюди входять скляні пляшки, банки, контейнери. Скло може бути перероблене у нове скло, що дозволяє зменшити споживання природних ресурсів та енергії, необхідної для виробництва нових скляних виробів. Переробка скла також допомагає зменшити кількість відходів на сміттєзвалищах та забруднення навколишнього середовища.

Пластик є одним з найбільш проблемних типів відходів, проте він також може бути сортований та перероблений. Сюди входять пластикові пляшки, упаковка, контейнери. Пластик може бути перероблений у вторинну сировину для виробництва нових пластикових виробів, таких як пляшки, упаковка, іграшки тощо. Подальше використання вторинної сировини допомагає зменшити споживання нафти та газу, які використовуються для виробництва нового пластику, а також зменшити кількість пластикових відходів, які потрапляють на сміттєзвалища та в окремі екологічно чутливі області.

Металеві вироби, такі як алюмінієві банки, консервні бляшанки, частини побутових приладів, також підлягають сортуванню та переробці. Металеві відходи можуть бути перероблені у вторинну сировину для виробництва нових металевих виробів, таких як банки, консервні бляшанки, автомобільні деталі тощо. Подальше використання вторинної сировини допомагає зменшити споживання металевих руд та енергії, необхідної для їхньої переробки.

Усі ці типи відходів підлягають сортуванню для ефективного управління відходами та максимального використання ресурсів. Застосування системи сортування сміття сприяє створенню більш сталого та екологічно свідомого суспільства. Крім того, цей процес сприяє зменшенню кількості відходів, які потрапляють на сміттєзвалища, та забрудненню навколишнього середовища.

Впровадження системи сортування сміття є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь [40].

Перейдемо до переваг та недоліків системи сортування сміття населенням міста. Переваги сортування сміття населенням:

1. Збереження природних ресурсів: Сортування сміття дозволяє відокремлювати матеріали, які можуть бути перероблені та використані для виробництва нових товарів. Це сприяє збереженню природних ресурсів, таких як деревина, нафта, металеві руди тощо.

2. Зменшення обсягів відходів: Сортування сміття допомагає зменшити кількість відходів, які потрапляють на сміттєзвалища. Це зменшує негативний вплив на довкілля та забруднення навколишнього середовища.

3. Стимулювання переробки: Чітке розділення сміття стимулює розвиток переробної промисловості, оскільки збільшує обсяги вторинної сировини, яка потребує подальшої обробки та використання.

4. Економія коштів: Переробка вторинної сировини може бути дешевшою, ніж видобуток та виробництво нових матеріалів з природних ресурсів. Це дозволяє зекономити кошти на виробництві та споживанні.

5. Екологічна свідомість: Сортування сміття сприяє формуванню екологічно свідомого суспільства, яке розуміє важливість збереження довкілля та відповідальне використання ресурсів.

Недоліки сортування сміття населенням:

1. Неоднорідність відходів: Часто відсутні стандартизовані системи сортування сміття, що призводить до неоднорідності в сміттєвих потоках та ускладнює процес переробки.

2. Підвищені витрати часу: Сортування сміття може вимагати додаткового часу та зусиль від мешканців, особливо у випадку відсутності зручних умов для сортування.

3. Недостатня інформованість: Не всі мешканці мають достатню інформацію про те, як правильно сортувати сміття, що може призвести до помилкового сортування та зменшити ефективність системи.

4. Системні обмеження: У деяких місцевостях може бути обмежена доступність систем сортування сміття через відсутність відповідної інфраструктури або недостатню підтримку влади.

Безпосередньо, важливо вкінці відмітити, що необхідна також просвітницька діяльність, адже нашому суспільству треба ще донести усі цінності цього процесу і активно їх залучити до нього. Перш за все, необхідно попрацювати над старшим поколінням, адже саме воно надає приклад молодшим, і допоки старше покоління буде ігнорувати сортування сміття, молодше не приєднається до цього тренду [41].

Поговоримо за вартість усього цього процесу, бо все це тягне відповідну кількість ресурсів. Перш за все необхідно врахувати те, що для роздільного способу отримання відходів потрібна спеціальна система баків, яка буде складатися з декількох резервуарів для сміття. В середньому, один комплект баків, для декількох багатоповерхових будинків обійдеться в 44000 грн., згідно інформації з інтернету [42]. Наразі у Дніпрі частіш всього зустрічається один такий бак, для збору ТПВ, а також ще один бак – клітка, для збору пластикових пляшок. Вартість одного такого баку становить теж близько 11000 грн. + контейнер – клітка вартує близько 8600, згідно інформації у інтернеті [43, 44]. Відповідно, такий комплект коштує близько 19600, що в 2,25 разів дешевше, за роздільний збір відходів, проте при цьому втрачаються можливості сортування, які можуть надати:

- Макулатура 1,2 – 3,4 грн/кг,
- Склотара 0,5 - 1,2 грн/шт,
- Алюмінієві банки 12 – 20 грн/кг,
- Склобій 0,4 - 1,5 грн/кг,
- ПЕТ пляшка 3 - 4,5 грн/кг,

- Відходи плівки(стрейч, високий тиск) 2 – 6 грн/кг,
- Побутова и автохімія 2 – 4 грн/кг [45].

Згідно нашим розрахункам у першому розділі, ми можемо вирахувати приблизний прибуток, від цієї вторсировини, результати наведено у таблиці 2.1.

Відповідно цим приблизним розрахункам, можемо зробити висновок, що тільки на роздільному збирані ТПВ, наше місто може вже заробити 298567703,9 грн. Згідно зі схемою санітарної очистки м.Дніпро, загальна кількість контейнерів для збору сміття має становити близько 6558 одиниць [46]. Відповідно вартість цієї кількості звичайних контейнерів буде складати близько $6558 * 19600 = 128536800$ грн., а вартість контейнерів для роздільного способу збирання ТПВ буде становити $6558 * 44000 = 288552000$ грн., що на 160 015 200 грн. більше.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків прибутку від вторинної сировини

Назва відходу	Відсоток	Кількість, кг.	Вартість грн/кг	Дохід, грн.
Пластик	12,5	41057165	3	123 171 495
Скло	6	19707439	0,4	7 882 975,68
Метал	2,5	8211433	12	98 537 196
Макулатура	17,5	57480031	1,2	68 976 037,2

Проте, при повній реалізації отриманого відсортованого сміття, ці урни зможуть себе окупити вже у найближчий рік, а саме за 0,54 року, тобто трошки більше половини одного року, що на нашу думку, є дуже добрим результатом.

2.4.2 Технологія сортування відходів в умовах сміттєпереробного заводу

На сьогоднішній день у великих містах, важливою стає роль ефективного управління відходами. Один із ключових аспектів цього процесу – технологія сортування відходів на сміттєпереробних заводах. Сучасні технології

дозволяють не лише зменшувати кількість відходів, що потрапляють на сміттєзвалища, але і максимально використовувати їхні ресурси для виробництва нових матеріалів або енергії.

Сміттєпереробні заводи виконують ключову роль у цьому процесі, впроваджуючи передові технології сортування. Ці технології базуються на різноманітних методах, включаючи механічне сортування, магнітні сепаратори, оптичні сортувальні системи та інші інноваційні підходи. Вони дозволяють ефективно відокремлювати різні види матеріалів, такі як пластик, скло, метал та органічні відходи, що відкриває шлях для їхнього подальшого використання або переробки.

Одним з переваг сучасних технологій сортування є їхня висока точність і продуктивність. Автоматизовані системи здатні розпізнавати і відокремлювати різні матеріали з великою швидкістю та точністю, що робить процес сортування більш ефективним та економічно доцільним.

Більше того, технології сортування відходів дозволяють зменшити негативний вплив на навколишнє середовище шляхом обмеження викидів токсичних речовин та зменшення обсягу відходів, що потрапляють на сміттєзвалища. Це відкриває перспективи для створення більш стійкого та екологічно чистого майбутнього.

Таким чином, технологія сортування відходів на сміттєпереробних заводах відіграє ключову роль у покращенні управління відходами та збереженні довкілля для майбутніх поколінь. Впровадження передових технологій у цій сфері відображає нашу здатність до інновацій та відповідального ставлення до природних ресурсів.

Станція сортування сміття – це не лише технічний комплекс, а й ключовий елемент екологічної інфраструктури, який відіграє значну роль у впорядкуванні відходів та збереженні навколишнього середовища. Оперуючи за допомогою передових технологій та автоматизованих систем, ця споруда забезпечує

ефективне сортування та використання відходів для подальшої переробки або вторинного використання.

Розглянемо більш детально основні компоненти та функції станції сортування сміття.

Починаючи з приймальної зони, сміття надходить на станцію з різних джерел: будинків, офісів, магазинів та інших установ. Тут проводиться перевірка та реєстрація відходів перед подальшим сортуванням.

Далі відбувається транспортування сміття через конвеєрну систему до наступних етапів обробки. Цей процес вимагає відмінної організації та координації для забезпечення безперебійності роботи всієї системи.

На механічному етапі сортування відбувається відокремлення великих та важких предметів від менших. Використовуються конвеєрні сміттесортувальні лінії, де застосовуються різноманітні технічні засоби для розділення сміття на фракції за розмірами, формами та матеріалами.

Оптичне сортування використовується для додаткового розділення матеріалів за їхніми оптичними характеристиками, такими як кольори, текстури тощо. Системи оптичного розпізнавання дозволяють здійснювати точне та ефективне розподілення матеріалів на основі їхніх властивостей.

Магнітні сепаратори та інші сортувальні системи використовуються для відокремлення металевих складових від інших матеріалів. Ці установки застосовуються для вилучення металу зі сміттєвих потоків, що дозволяє подальше їх використання в металургійній промисловості або вторинній переробці.

Управління та моніторинг процесу сортування забезпечується автоматизованою системою контролю, яка надійно веде облік та аналізує роботу обладнання. Це дозволяє забезпечувати оптимальне використання ресурсів та мінімізувати витрати енергії.

Після завершення процесу сортування, відсортовані матеріали збираються та готуються до подальшої переробки або використання. Цей крок є важливим у мінімізації відходів та збереженні природних ресурсів [47].

На рисунку 2.7 зображено сортувальну лінію з урахуванням вищезгаданих процесів.

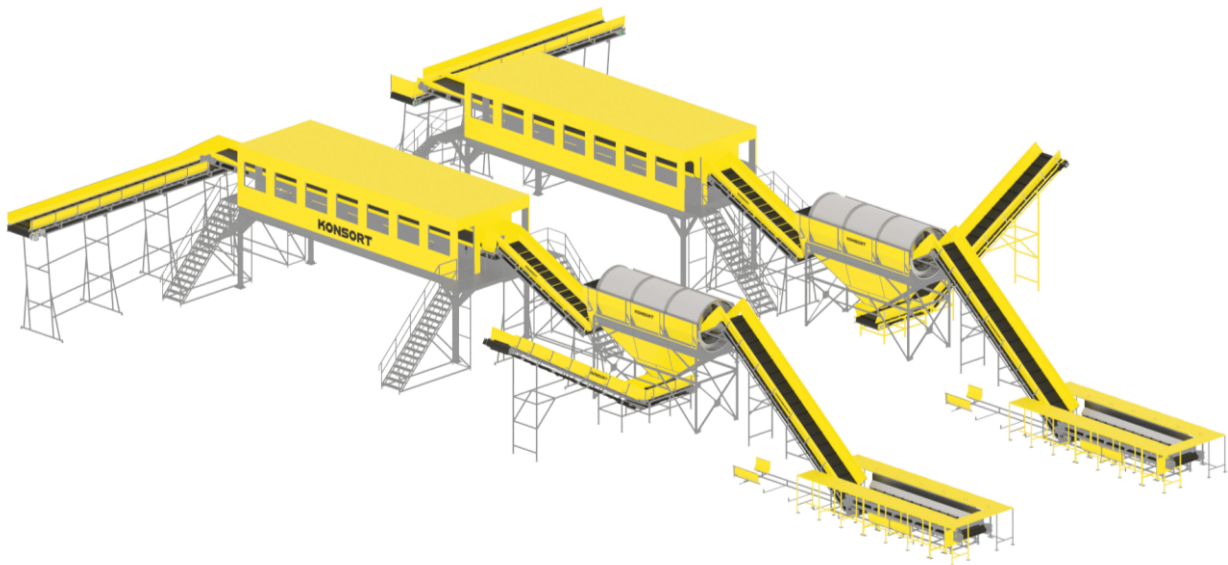


Рисунок 2.6 – Сортувальна лінія [48].

Розглянемо обладнання необхідне для однієї сортувальної лінії. Воно містить наступні компоненти:

- Екскатор: Завдяки ньому будуть подаватись тверді побутові відходи на сортувальні лінії, які далі будуть вести до операторів;
- Транспортери: Спеціальні стрічки, які переносять на собі сміття до потрібного пункту;
- Сепаратори: У сепараторах проходить процес відділення дрібної фракції від крупної, після чого дрібнодисперсна фракція потрапляє одразу у спеціальні контейнери;
- Операторська кімната: У цій кімнаті відбувається ручне сортування операторами на спеціальні інспекційні стрічки;

- Залізовідловлювач: Його робота полягає у тому, що завдяки магнітній дії металеве сміття протягується до нього, після чого потрапляє у спеціальні контейнери [48].

Розглянемо переваги та недоліки такого методу сортування відходів, до переваг можна віднести:

- Точність сортування: Сортування відходів на спеціальних сортувальних станціях дозволяють отримувати значно вірніше відсортовану сировину, ніж від сортування населенням міста.
- Зниження витрат на утилізацію: Ефективне сортування відходів може знизити витрати на їхню утилізацію та сортування, оскільки менше відходів потрапляє на сміттєзвалища, а більше матеріалів може бути вторинно використано.
- Автоматизація: Сортувальні лінії можуть бути автоматизовані, що зменшує потребу в ручній праці.
- Ефективність: Сортувальні лінії дозволяють швидко та ефективно сортувати великі обсяги відходів.
- Зменшення кількості відходів, що захоронюються на полігонах: Сортування дозволяє переробити більшу частину відходів, що значно зменшує обсяг сміття, який потрапляє на полігони.

Недоліки:

- Високі витрати на впровадження технології: Розробка та впровадження сучасних технологій сортування відходів може бути дорогим процесом, особливо для малих міст та муніципалітетів. Це може становити перешкоду для широкого впровадження таких систем.
- Потреба у спеціалізованому обладнанні та технічному обслуговуванні: Сортувальні лінії та обладнання вимагають постійного технічного обслуговування та управління, що може бути складним та вимагати кваліфікованих кадрів.

- Потенційні проблеми з утилізацією окремих матеріалів: Деякі матеріали можуть бути складні для переробки або мають обмежені можливості вторинного використання, що може ускладнювати процес сортування та утилізації.

Перейдемо до вигоди та окупності лінії сортування. Для нашого міста, потужністю 328457,32 т твердих побутових відходів на рік, нам буде потрібно дві лінії для сортування ТПВ до 150 000 тон на рік та одна лінія для сортування ТПВ до 50 000 т на рік від компанії Konsort [48, 49].

Ці дві лінії для сортування коштують 14 000 000 та 6 500 000 грн. відповідно, тобто для нашого міста це обійдеться у 20 500 000 грн. Відповідно, якщо згадати розрахунки, які ми проводили при сортуванні ТПВ населенням, то там ми можемо знайти інформацію, що на нашій кількості відходів можна заробити за рік 298 567 703,9 грн. З чого випливає, що ці три сортувальні лінії зможуть себе окупити вже у найближчі місяці.

2.5 Порівняльний аналіз технологій переробки твердих побутових відходів. Висновки по розділу

У цьому розділі ми розглянули багато різних технологій щодо утилізації твердих побутових відходів. Проаналізували методики отримання енергії з ТПВ, отримання компосту, отримання біогазу та його подальше використання, вилучення вторинної сировини. Саме тому, ми нарешті можемо визначитись з найкращою технологією саме для нашого міста. Проте перед цим, хочемо підсумувати усю надану вище інформацію у таблиці 2.2, наведеній нижче. З цієї таблички, можемо зробити висновки щодо кожної технології переробки ТПВ. На нашу думку, однією з найкращих екологічних технологій з переробки ТПВ являється сортування відходів в умовах сміттепереробного заводу, а також плазмовий реактор. Також до цього буде доцільно додати зброджування органічної складової у метантенках з подальшим використанням цього біогазу у сміттевозах, що працюють на ньому.

Таблиця 2.2 - Підсумкова таблиця на основі порівняння запропонованих шляхів управління з побутовими відходами

Назва технології переробки ТПВ	Необхідні ресурси для реалізації	Отримуваний продукт, тонн на тону ТПВ	Переваги технології	Недоліки технології
Плазмова газифікація	Плазмовий реактор. Час на реалізацію. Спеціалізований персонал	45,5 кВт електроенергії	<ul style="list-style-type: none"> ○ Енергетична ефективність ○ Мінімізація викидів ○ Універсальність ○ Перспективність подальшого розвитку технології 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Висока вартість будівництва та обслуговування ○ Необхідність спеціалізованого сильного подрібнення відходів ○ Невелика потужність підприємства
Піроліз	Піролізний завод. Час на реалізацію	0,4-0,5 т. мазуту 0,1-0,2 т сажі	<ul style="list-style-type: none"> ○ Висока енергетична ефективність ○ Мінімізація відходів ○ Низькі викиди ○ Відновлювальність 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Висока вартість обладнання ○ Потреба у великих площах землі ○ Викиди CO₂ ○ Складність сортування відходів
Польове компостування	Великі площі території. Час на реалізацію	0,3 т компосту	<ul style="list-style-type: none"> ○ Простота та доступність ○ Економічність ○ Екологічність ○ Покращення структури ґрунту ○ Підвищення родючості ґрунту ○ Зменшення потреби у хімічних добривах ○ Залучення корисної фауни 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Великі площі території ○ Займає дуже багато часу ○ Необхідність постійного моніторингу та контролю ○ Неприємний запах ○ Необхідність подрібнення ○ Не усі відходи для цього підходять ○ Ризик забруднення
Компостування у біореакторах	Біореактори. Час на будівництво	0,5 т компосту	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ефективність компостування ○ Вища якість компосту ○ Екологічність ○ Мінімальна кількість запахів 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Спеціальні вимоги до середовища ○ Обмежена масштабованість ○ Високі витрати на утримання

Закінчення табл. 2.2

Назва технології переробки ТПВ	Необхідні ресурси для реалізації	Отримуваний продукт, тонн на тонну ТПВ	Переваги технології	Недоліки технології
Компостування у біореакторах	Біореактори. Час на будівництво	0,5 т компосту	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ефективність компостування ○ Вища якість компосту ○ Екологічність ○ Мінімальна кількість запахів 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Спеціальні вимоги до середовища ○ Обмежена масштабованість ○ Високі витрати на утримання
Зброджування органічної складової у метантенках	Метантенки. Час на побудову	10-13 кВт/год	<ul style="list-style-type: none"> ○ Контрольованість процесу ○ Висока ефективність ○ Зменшення запахів до мінімуму ○ Зменшення витрат поживних речовин 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Високі витрати на установку ○ Потреба у спеціалізованому персоналі ○ Потреба більшої кількості електроенергії
Перевід сміттєвозів на біогаз	Спеціалізовані сміттєвози. Спеціалізовані заправні станції	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ Зменшення викидів в атмосферу ○ Економія коштів ○ Зменшення шуму 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Вища початкова вартість ○ Необхідність спеціалізованої інфраструктури ○ Менший запас ходу ○ Вибухонебезпечність
Організація системи сортування відходів населенням	Спеціалізовані контейнери для збору сміття. Просвітницька діяльність для населення	125 кг пластику. 60 кг скла. 25 кг металу. 175 кг макулатури	<ul style="list-style-type: none"> ○ Збереження природних ресурсів ○ Зменшення обсягів відходів ○ Стимулювання переробки ○ Економія коштів ○ Екологічна свідомість 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Неоднорідність відходів ○ Підвищенні витрати часу та людського ресурсу ○ Недостатня інформованість ○ Системні обмеження
Сортування відходів в умовах сміттєпереробного заводу	Лінії сортування, велика площа території а також людські ресурси	125 кг. Пластику 60 кг. Скла 25 кг. Металу 175 кг. Макулатури	<ul style="list-style-type: none"> ○ Точність сортування ○ Зниження витрат на сортування ○ Автоматизація ○ Ефективність ○ Зменшення кількості відходів, що захоронюються 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Затрати ○ Складне обладнання ○ Проблеми зі специфічними матеріалами

Саме ці три технології у поєднанні будуть давати майже повне використання твердих побутових відходів. Адже після сортування у нас будуть залишатись, як раз такі, вже малі подрібнені відходи, які не можна буде використовувати у подальшому, як вторинну сировину – ці відходи будуть використовуватись у плазмовій газифікації. Органічні відходи будуть використовуватись для зброджування у метантенках для отримання біогазу, який можна буде у подальшому використовувати, як паливо для сміттевозів. Відповідно в нас буде побудований замкнутий ґепок ресурсів і завод не буде мати матеріалів для захоронення, адже усі типи твердих побутових відходів будуть використовуватись в тій чи іншій технології.

Розпишемо нижче кожен етап використання того чи іншого виду сировини ТПВ:

- Продовольчі відходи: після сортувальної лінії, вони будуть потрапляти до метантенку, де буде отримано біогаз з цієї сировини.
- Газ можна буде використати: для заправки сміттевозів, що працюють на біогазі; для отримання електроенергії, яка буде використовуватись для роботи заводу.
- Папір, картон: буде спакований у тюки та відправлений на продаж вторинної сировини для підприємств.
- Пластик, текстиль, скло, метал: ця сировина буде розподілена за категоріями та відправлений на продаж вторинної сировини
- Сировина, який не буде підлягати сортуванню буде відправлена в плазмовий реактор для отримання електроенергії.

На малюнку 2.7 наведено схематично роботу нашого заводу у поєднанні усіх вищезгаданих технологій.

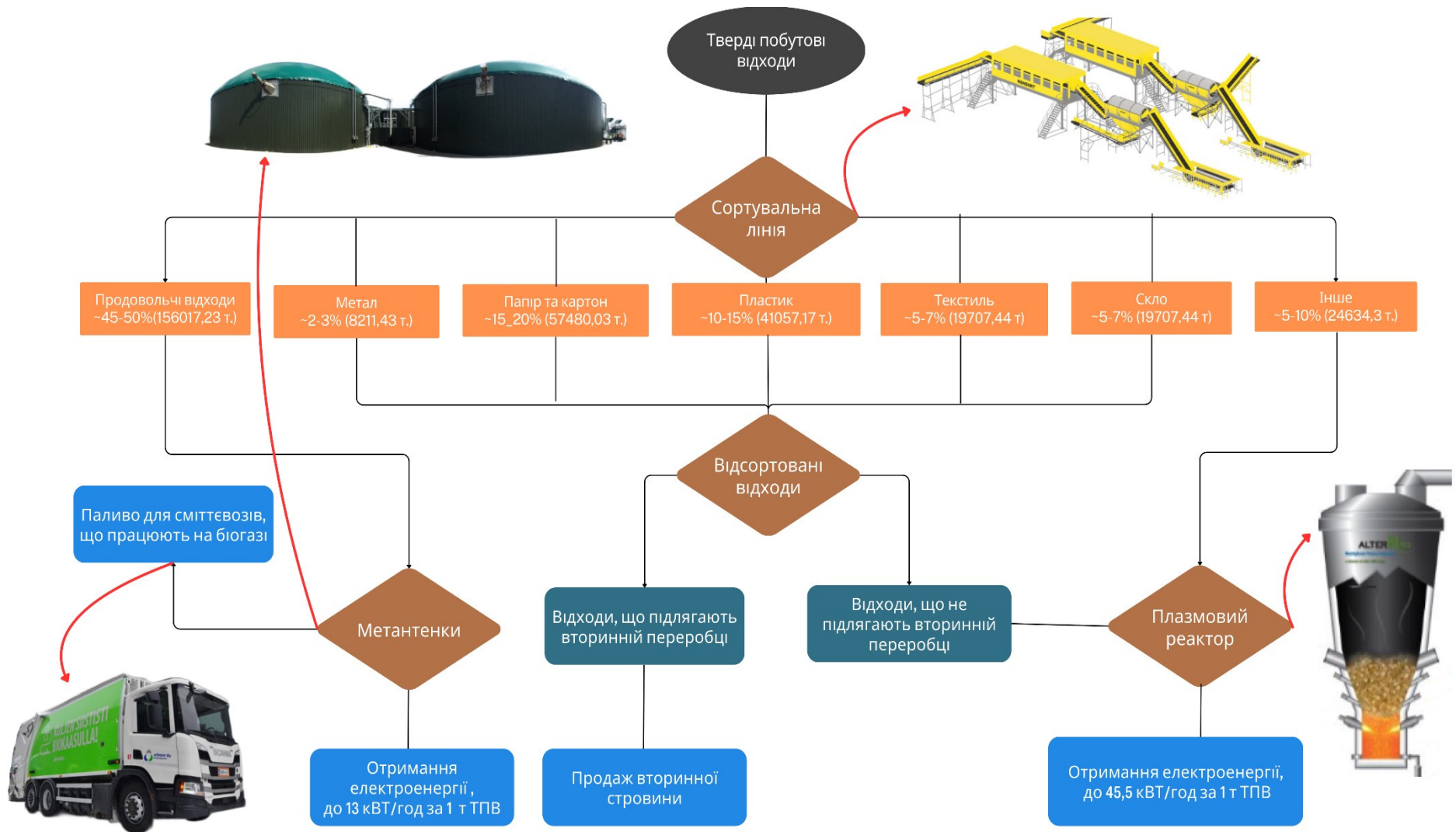


Рисунок 2.7 Схематична робота смітєпереробного заводу

Наш сміттєпереробний завод надає переробку абсолютно усіх твердих побутових відходів міста Дніпра. З цього можемо зробити висновок, що:

- Від продовольчих відходів ми отримаємо близько 20228 Вт/год електроенергії на рік.
- Від відходів, що буде змога продати, як вторинну сировину (метал, папір, картон, пластик, текстиль, скло) ми зможемо заробити близько 298 мільйонів гривень на рік.
- Від сміття, що не буде підлягати продажу, як вторинна сировина, а також сировина, що знаходиться у менших класифікованих групах, ми зможемо отримувати приблизно електроенергії 1120 Вт/год електроенергії на рік.

Саме комплексний підхід до проблеми утворення великої кількості ТПВ надасть нам вирішення проблеми сміттєзвалищ та вічних полігонів. Сучасному суспільству треба сучасно вирішувати проблеми сьогодення та реалізовувати сучасні технології.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів при реалізації проектного рішення

Об'єктом нашого дослідження являється завод, який включає в себе лінії сортування відходів, плазмовий реактор та метантенки. Розглянемо, який негативний вплив можуть нести за собою ці технологічні процеси:

- Сортувальні лінії.
 - Вироби, що пересуваються, заготовлі й матеріали: Під час сортування відходів робочий персонал може стикатися з гострими, неприємними або небезпечними матеріалами, що може призвести до порізів, ушкоджень шкіри або інших травм.
 - Підвищені запиленість і загазованість повітря робочої зони: Сортувальні лінії створюють значну кількість пилу, що може призвести до подразнення дихальних шляхів, алергічних реакцій або навіть до хронічних захворювань.
 - Рухливі частини виробничого устаткування: У складі сортувальних ліній присутні рухомі деталі, які представляють небезпеку травмування у вигляді стискання, зачеплення або удару.
 - Підвищений рівень шуму на робочому місці: Робота на сортувальних лініях відбувається в умовах підвищеного шуму, що може негативно вплинути на слуху працівників.
- Плазмовий реактор
 - Підвищена температура поверхонь устаткування і матеріалів: Плазмовий реактор працює при високих температурах, що може створювати ризик опіків для працівників, які мають доступ до обладнання під час обслуговування, налаштування або ремонту.
 - Підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні: При роботі плазмових реакторів можуть випромінюватись підвищений

рівень іонізуючого випромінювання, що може бути шкідливим для здоров'я працівників, особливо якщо вони не захищені від нього.

- Хімічні небезпечні гази, що можуть потрапити до організму людини: У процесі роботи плазмового реактора можуть утворюватися отруйні гази і випари, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників, які перебувають у приміщенні.
 - Підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини: Робота з високовольтними джерелами електроенергії, які часто використовуються у плазмових реакторах, може створювати ризик електричного удару для працівників.
- **Метантенки**
 - Хімічні небезпечні гази, що можуть потрапити до організму людини: Метан, який утворюється під час зброджування органічної складової, є легкозаймистим та отруйним газом. Працівники, які працюють у навколишній зоні метантенків, можуть стикатися з ризиком отруєння метаном, особливо якщо вентиляційна система недостатньо ефективна.
 - Підвищений барометричний тиск у робочій зоні: Метантенки працюють під високим тиском для забезпечення ефективного процесу зброджування. Неправильне використання або підтримка може призвести до аварійного розгерметизації або вибуху, що може негативно вплинути на безпеку працівників.

3.2. Розробка заходів з охорони праці

У сучасному промисловому середовищі, де важлива роль належить переробці відходів завдяки сортувальним лініям, плазмовим реакторам та метантенкам, небезпечні фактори можуть створювати загрозу для здоров'я працівників. Ці процеси супроводжуються ризиками, такими як травми, отруєння токсичним речовинам та високими температурами. В цьому контексті

важливо розглянути інженерно-технічні заходи, які можуть зменшити ці ризики та забезпечити безпеку працівників на промислових об'єктах.

Для сортувальних ліній можна впровадити наступні інженерно-технічні заходи, щодо зменшення негативного впливу:

- Захист від рухомих частин:
 - Встановлення захисного обладнання, що унеможливило б доступ рук працівників до рухомих деталей.
 - Розміщення сигнальних пристроїв та світлових індикаторів для попередження працівників про небезпеку.
- Контроль за якістю повітря:
 - Впровадження систем вентиляції та очищення повітря для зменшення запиленості та концентрації шкідливих речовин.
 - Забезпечення працівників захисними масками та респіраторами для запобігання інгаляції шкідливих речовин.
 - Встановлення систем моніторингу якості повітря з автоматичними сигналізаторами у разі перевищення норм.
- Оптимізація робочого місця:
 - Розробка ергономічних робочих місць з урахуванням безпеки та комфорту працівників.
 - Встановлення антивібраційних підставок для обладнання з метою зниження вібраційного впливу на працівників.

Для роботи з плазмовим реактором, пропонуємо впровадити:

- Термічний захист:
 - Встановлення теплоізоляційних матеріалів та бар'єрів для запобігання опіків працівників від нагрітих поверхонь.
 - Забезпечення належної вентиляції та охолодження для зниження температурних навантажень.
- Моніторинг випромінювання:

- Використання автоматичних систем контролю дози випромінювання з можливістю негайного відключення устаткування при перевищенні норм.
- Безпека електричного живлення:
 - Встановлення систем автоматичного відключення електроживлення при виявленні відхилень від норми.
 - Запобігання накопиченню електростатичного заряду на поверхнях обладнання за допомогою заземлення та антистатичних матеріалів.

Щодо роботи зі зброювання органічної складової у метантенках, пропонуємо вдосконалити цей технологічний процес наступними інженерно-технічними заходами:

- Автоматизовані системи контролю:
 - Впровадження систем моніторингу параметрів роботи метантенків з автоматичним відключенням у випадку виявлення аномалій.
 - Використання дистанційних систем керування та моніторингу для забезпечення безпеки працівників у разі потенційно небезпечних ситуацій.
- Системи екстреного відключення:
 - Розробка та впровадження систем, що автоматично відключають подачу матеріалу та енергії при виявленні загрози вибуху чи інших небезпечних умов.
 - Проведення навчання працівників щодо процедур екстреного відключення та евакуації в разі аварійних ситуацій.

Освітленість у виробничих приміщеннях відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та здоров'я працівників. У контексті охорони праці на описаному заводі, де використовуються складні технологічні процеси, такі як сортування відходів, робота з плазмовим реактором та метантенками, належна освітленість стає особливо важливою. Від правильного освітлення залежить не лише продуктивність та якість виробництва, але й запобігання ризикам

травматизму, пожежі та інших аварійних ситуацій. Робота на сміттепереробному заводі відноситься до робіт середньої точності, адже дуже малі об'єкти відсортовуються ще на сепараторі сортувальної лінії. Відповідно до цього у таблиці 3.1 зазначено, якими мають бути параметри освітленості на підприємстві [50].

Таблиця 3.1 – Вимоги до освітлення виробничого приміщення на сміттепереробному заводі

Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення				
					Освітленість, лк			Сукупність нормативних величин показника засліпленості коефіцієнта пульсації	
					При системі комбінованого освітлення		При системі загального освітлення		
					всього	У т.ч. від загального		Р	Кп, %
0,5 – 1,0	IV	а	малий	Темний	750	200	300	40	10
		б	Малий середній	Середній темний	500	200	200	40	10
		в	Малий середній великий	Світлий середній темний	400	200	200	40	10
		г	Середній великий великий	Світлий світлий середній	-	-	200	40	10

Мікроклімат у виробничих приміщеннях є важливим аспектом охорони праці, особливо на сміттепереробному заводі, де виконується велика кількість складних технологічних процесів. Відповідний мікроклімат сприяє комфортним умовам праці, підвищує продуктивність працівників та зменшує ризики виникнення травматичних ситуацій та професійних захворювань. На заводі, що був описаний вище, де використовуються такі технологічні процеси, як сортування відходів, плазмовий реактор та метантенки, важливо забезпечити

оптимальні параметри температури, вологості та провітрювання. Це дозволить уникнути перегріву працівників, утворення конденсату на обладнанні, а також зменшити ймовірність утворення шкідливих речовин в повітрі. У таблиці 3.2 наведено оптимальні діапазони температури повітря, відносної вологості та швидкості руху повітря [51].

Таблиця 3.2 – Оптимальні параметри мікроклімату для сміттєпереробного заводу

Період року	Температура повітря, град.С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період року	19 - 21	60 - 40	0,2
Теплий період року	21-23	60 - 40	0,3

3.3 Пожежна профілактика

На заводі, який буде спеціалізуватись на рециклінгу відходів будуть потрапляти відходи усіх категорій від четвертого класу небезпеки до першого. Важливо підмітити, що вже після проходження першого технологічного етапу з сортування відходів, відходи першого та другого класу небезпеки будуть вже відсортовані від усіх відходів. Відходи першого та другого класу небезпеки потребують спеціального управління та зберігання з метою мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей. Ось деякі загальні принципи зберігання цих відходів:

- Етикетування та ідентифікація:
 - Кожен контейнер або упаковка повинні бути чітко позначені ярликами або написами, які вказують на їхній характер та ступінь небезпеки.
 - Відходи повинні бути класифіковані згідно з відповідними правилами та нормами безпеки.
- Відокремлене зберігання:

- Відходи повинні зберігатись відокремлено від інших відходів та ресурсів для запобігання контамінації та хімічних реакцій.
- Безпечне упакування та зберігання:
 - Необхідно використовувати витримані, стійкі до хімічних реакцій контейнери та упаковки для зберігання цих відходів.
 - Важливо уникати використання матеріалів, які можуть реагувати з відходами та створювати додаткові небезпеки.
- Доступ до відходів:
 - Потрібно забезпечити обмежений доступ до місць зберігання відходів, де може бути тільки необхідний, навчений персонал.

Щодо відходів третього та четвертого класу небезпеки – вони будуть використовуватись у наступних технологічних процесах, таких як плазмова газифікація та зброджування у метантенках.

Розберемо пожежно-вибухову характеристику технологічних процесів:

- Лінії сортування відходів: Матеріали, які сортуються, можуть містити легкозаймісті речовини або горючі матеріали, які при відповідних умовах можуть спричинити пожежу.
- Плазмовий реактор: Висока температура, при якій працює плазмовий реактор, може призвести до загоряння легкозаймістих матеріалів у навколишній області.
- Метантенки: У процесі зброджування органічної складової в метантенках утворюється метан, який є легкозаймістим та потенційно небезпечним у відповідних умовах.

Відповідно до цих технологічних процесів, що виконуються на нашому сміттєперобному заводі, необхідно вибрати правильний тип вогнегасників на кожному процесі. Для сортувальних ліній доцільним буде використовувати порошкові вогнегасники, так як вони є доволі ефективними для боротьби з різним типом пожеж та не реагують з великою кількістю матеріалів. Для плазмового реактору, доцільним буде використання вогнегасників, що

працюють на CO₂, оскільки такий тип вогнегасників ефективно працює для гасіння високотемпературних пожеж при цьому немає ризику пошкодження обладнання. Для гасіння локальних пожеж, що будуть відбуватись при зброджуванні органічної складової у метантенках доцільним буде використання пінних вогнегасників, оскільки вони будуть ефективно гасити легкозаймісті речовини.

3.4 Профілактика вибухонебезпечності метантенків

Метантенки є важливою складовою системи виробництва біогазу, але вони несуть в собі значну вибухонебезпечність. Ці установки призначені для анаеробного бродіння органічних відходів, під час якого виділяється метан – газ та вуглекислий газ. Метан - який є головним компонентом природного газу, має високу енергетичну цінність. Однак метан також є надзвичайно вибухонебезпечним, особливо при утворенні певних концентрацій в повітрі.

Процес анаеробного бродіння в метантенках створює сприятливі умови для накопичення метану. У разі виникнення витоків або порушення технологічних процесів метан може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям. Концентрація метану в повітрі в межах від 5 до 15 відсотків створює небезпеку вибуху, що потребує постійного моніторингу та контролю.

Ще однією загрозою є можливість займання газу від іскри або високої температури. Для запобігання таким інцидентам в метантенках використовуються спеціальні системи вентиляції, газові детектори та вибухозахищене обладнання. Проте, людський фактор та потенційні технічні несправності залишаються істотними ризиками.

Нами, було проведено аналіз та розраховано наслідки при порушенні герметичності метантенку. Параметрами клімату було обрано наступні дані: температура 24°C, швидкість повітря 16 м/с з урахуванням напрямку вітру. Результати розрахунків наведено на рисунках 3.1 та 3.2

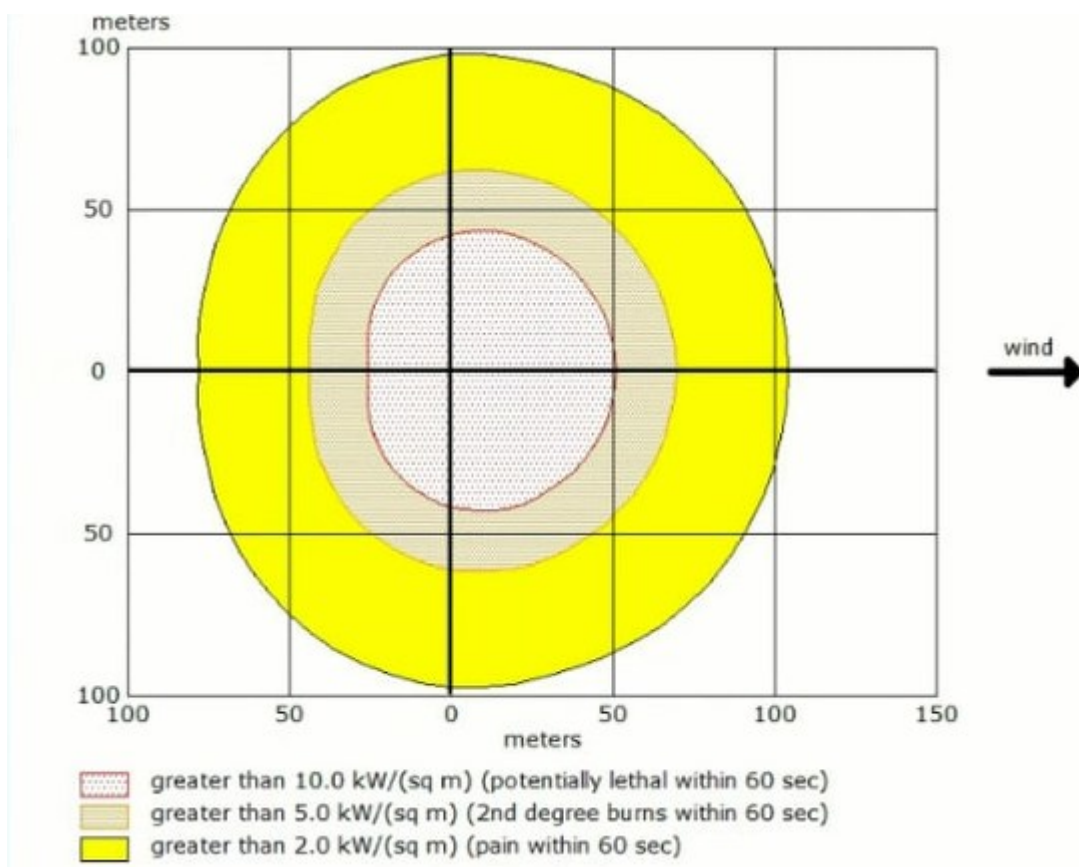


Рисунок 3.1 Зона загрози теплового випромінювання від метану

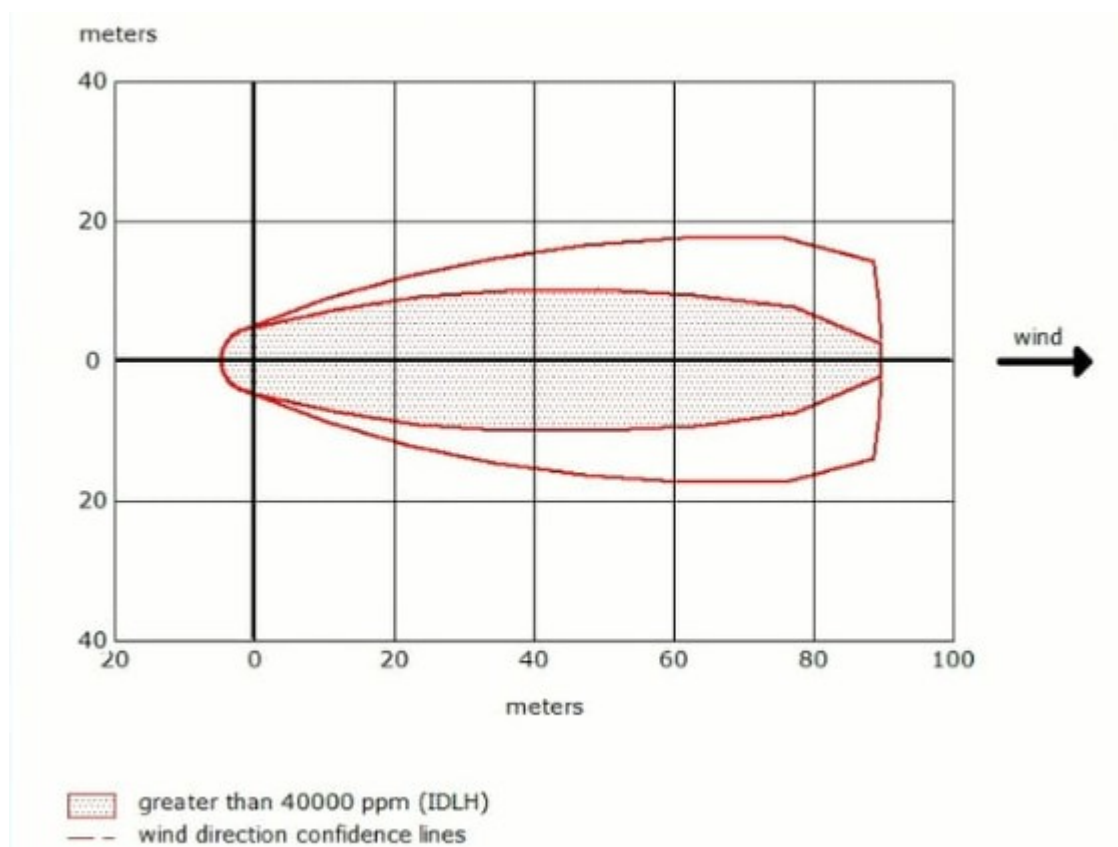


Рисунок 3.2 Зона токсичної загрози від вуглекислого газу

Як ми можемо побачити з наших розрахунків:

1. Метан

- a. Має зону, з потенційно смертельним виходом, протягом 60 секунд у 51 метр.
- b. Має зону, з потенційним отримання опіків 2 ступеня, протягом 60 секунд у 70 метрів.
- c. Має зону, з потенційним отриманням болю, на протязі 60 секунд у 104 метри.

2. Вуглекислий газ

- a. Має зону, в якій буде міститись безпосередня небезпека для життя та здоров'я працівників у 90 метрів.

У зв'язку з цим, експлуатація метантенків потребує дотримання жорстких норм і стандартів безпеки, таких як регламентування робочого середовища, регулярне технічне обслуговування та навчання персоналу. Крім того, аварійні ситуації потребують чітко розроблених планів дій, щоб мінімізувати потенційні збитки і забезпечити безпеку працівників і населення.

Таким чином, метантенки, хоча й є ключовими для виробництва біогазу та зменшення впливу органічних відходів на довкілля, вимагають підвищеної уваги до питань вибухобезпеки. Ефективне управління цими ризиками є критично важливим для забезпечення безпеки на об'єктах, де використовуються ці технології, і потребує інтегрованого підходу, який поєднує технічні, організаційні та навчальні заходи.

ВИСНОВКИ

Нашою командою, було проведено літературний аналіз та виявлено проблеми сучасного поводження з відходами. Було встановлено, що понад 328457,32 т/рік відходів свідомо захоронюються на Правобережному полігоні Дніпра. Через що, перед нами була поставлена задача, знайти способи корисного повторного використання та утилізації твердих побутових відходів, що надходять від 925652 мешканців нашого міста.

В ході роботи було встановлено найефективнішу систему утилізації та переробки сміття для міста Дніпра. Нами було встановлено, що найкращими варіантами, на сьогоднішній день, для сміттепереробного заводу є використання технології сортування відходів в умовах заводу завдяки сортувальним лініям, після чого часина відходів використовується, як вторинна сировина, для продажу. Інша частина відходів, що не підлягає використанню, як вторинна сировина, використовується, як паливо для плазмового реактору, який виконує плазмову газифікацію з метою отримання електроенергії. Органічна частина відходів, після процесу сортування, потрапляє до технологічного процесу зброджування органічних відходів у метантенках, в яких отримується біогаз. Біогаз, отриманий у метантенках, надалі можна використовувати, як паливо, для автомобільного парку сміттевозів даного заводу, як паливо, для пересування та збирання відходів з вулиць міста Дніпра.

Також, ми проаналізували усі технологічні процеси, що мають виконуватись на запропонованому заводі та було встановлено можливий негативний вплив на життя та здоров'я працівників. Нами було запропоновано інженерно-технічні рішення, щодо кожного технологічного процесу підприємства, задля зменшення негативного впливу на життя та здоров'я потенційних робітників заводу.

На нашу думку, однією з найкращих екологічних технологій з переробки ТПВ являється сортування відходів в умовах сміттепереробного заводу, а також плазмовий реактор. Також до цього буде доцільно додати зброджування

органічної складової у метантенках з подальшим використанням цього біогазу у сміттєвозах, що працюють на ньому

Очікуваний результат від запропонованого технічного рішення: 20228 Вт/год електроенергії на рік від переробки продовольчих відходів; 298 мільйонів гривень на рік виручки від відходів, що буде змога продати, як вторинну сировину (метал, папір, картон, пластик, текстиль, скло) , а також 1120 Вт/год електроенергії на рік від переробки сміття, що не буде підлягати продажу, як вторинна сировина, а також сировини, що знаходиться у менших класифікованих групах. Саме комплексний підхід до проблеми утворення великої кількості ТПВ надасть нам вирішення проблеми сміттєзвалищ та вічних полігонів. Сучасному суспільству треба сучасно вирішувати проблеми сьогодення та реалізовувати сучасні технології.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Загороднюк, О. А. Екологічні та економічні аспекти поводження з твердими побутовими відходами. Вісник економічної науки України, 2022 р., 11-18с.
2. Безух, О. М. Теоретичні та методичні засади формування системи управління твердими побутовими відходами. Науковий вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2022р. 20-27с.
3. Регіональний план управління відходами у Дніпропетровській області до 2030 року Стисла версія. Дніпро, 2020. 68с.
4. Схема санітарної очистки міста Дніпро. URL: <http://surl.li/ncrpb> . Загол. з екрана
5. Конкурсна документація щодо визначення виконавців послуг з вивезення побутових відходів у м. Дніпро. URL: <http://surl.li/ncrix> . Загол. з екрана.
6. Дніпро: У Дніпрі цього року введуть в експлуатацію четверту чергу полігону «Правобережний». URL:<https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/31685/u-dnipri-cogo-roku-vvedut-v-ekspluataciyu-chetvertu-chergu-poligonu-pravoberezhnij>. Загол. з екрана.
7. Суспільне Дніпро: За рік у Дніпрі переробили на сміттєвому полігоні 1% від усіх відходів, – активістка. URL:<https://suspilne.media/dnipro/150616-za-rik-u-dnipri-pererobili-na-smittjevomu-poligoni-1-vid-usih-vidhodiv-aktivistka/>. Загол. з екрана.
8. Калініченко, О. О. Дослідження екологічних та економічних ризиків при поводженні з твердими побутовими відходами. Економіка та управління, 2022 р., 48-55с.
9. Сайт міста Новомосковська: Звалище під Новомосковськом. URL: <https://www.0569.com.ua/news/1744316/svalka-pod-novomoskovskom>. Загол. з екрана.

10. Радіо Свобода: Мешканці житлового масиву Ігрені у Дніпропетровську вимагають закриття Ігренського сміттєзвалища. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/961035.html>. Загол. з екрана.
11. Google Maps: Ігренське звалище. URL: <http://surl.li/sudye>. Загол. з екрана
12. Долженкова О. В. Особливості екологічного стану в районі розташування дніпропетровського сміттєспалювального заводу. 2006р. С. 125–130.
13. Б. В. Коріненко, О. С. Худоярова, К. Ю. Гура, А. П. ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА ТА ТЕРМОХІМІЧНА КОНВЕРСІЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ. 2021р., 19с.
14. Мохаммед Алтагер Албаршеши, Алкіб Ахмед М., Мохаммед Алджалі. ПЛАЗМОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ШЛАКІВ. 2019р., 47с.
15. Researchgate: Figure 12 - uploaded by Nickolas J. Themelis. URL: https://www.researchgate.net/figure/The-Alter-NRG-plasma-gasifier-10_fig3_301974809. Загол. з екрана.
16. Wtec waste to energy Canada: continuous Batch Oxidation System (cBOS) URL: <https://wtcanada.com/batch-gasification-2/>. Загол. з екрана.
17. Lennox: Переробка твердих побутових відходів у електрику. URL: <https://1lennox.com/proekti/pererabotka-tbo-ua/>. Загол. з екрану.
18. Biosmartex: Обладнання для переробки відходів від Biosmartex URL: https://biosmartex.com/products_category/rishennya-dlya-pererobki-tpv/. Загол. з екрану.
19. FLAGMA: Переробка сміття (повного циклу з отриманням енергії, тепла). URL: <https://flagma.ua/uk/pererobka-smitty-povnogo-ciklu-z-otrimannyam-o7588519.html>. Загол. з екрана.
20. Beston group: Піролізна установка на піролізах. URL: <https://www.bestongroup.com/uk/skid-mounted-pyrolysis-plant/>. Загол. з екрана
21. Шаповалова Д.Ю., Жукова В.С. Технологія механіко-біологічної переробки побутових відходів. Стадія компостування. Київ – 2021р., 84с.

22. Graves R. E. Part 637 Environmental Engineering National Engineering Handbook / R.E. Graves, G. M. Hattemer, D. Stettler – Washington DC, 2000
23. Шаповалова Д.Ю., Жукова В.С. Технологія механіко-біологічної переробки побутових відходів. Стадія компостування. Київ – 2021р., 84с.
24. Права людини в Україні, інформаційний портал Харківської правозахисної групи: Наймолодше міське сміттєзвалище розташоване у місті Дніпрі. URL:<https://khp.org/1554903796>. Загол. з екрана.
25. Біоконверсія органічних відходів у біодинамічному господарстві /М.М. Городницький, І.А. Мельник, М.Ф. Повхан та ін. К.: Урожай, 1990.-256 с
26. Дзюбій О.А., Жукова В.С. Вермикомпостування органічних відходів тваринництва. Київ – 2022р., 103с.
27. Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт за напрямом «Економіка сільського господарства і АПК» Еколого-економічна ефективність впровадження біогазового устаткування в організації сільськогосподарського виробництва. URL:
https://www.essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/25406/1/Zyabina_biohazova%20ustanovka.pdf;jsessionid=F9EBB21E91B880B9113222BCE5D544B9. Загол. з екрана.
28. AgroBiogas: Як працює біогазова установка? – AgroBiogas. URL:<https://agrobiogas.com.ua/how-does-a-biogas-plant-work/>. Загол з екрана.
29. AC group: Послуги. URL:<https://ac-group.in.ua/services/>. Загол. з акрана.
30. AC group: Біогаз. URL:<https://ac-group.in.ua/biogas/>. Загол. з екрана
31. Мінфін: Тарифи на електроенергії в 2023 році. URL:<https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/>. Загол. з екрана
32. EBA European biogas association. URL:<https://www.europeanbiogas.eu/fueling-trucks-with-biogas-from-food-waste/>. Загол. з екрана.

33. СИБСКАНСЕРВІС: У Фінляндії смітєвози Scania на біогазі займають лідируючі позиції. URL:<https://xn--80abelmekz2adcde.xn--p1ai/page11116042.html>. Загол. з екрана.
34. Truck locator: Scania`s Biogas Vehicles Help Urbaser Land Municipal Refuse Collection Contract. URL:<https://www.trucklocator.co.uk/blog/truck-and-trailer-news/2020/05/scanias-biogas-vehicles-help-urbaser-land-municipal-refuse-collection-contract>. Загол. з екрана
35. Urbaser: Waste collection and transport. URL:<https://www.urbaser.com/en/industrial-solutions/waste-collection-and-transport/>. Загол. з екрана
36. Truck1.eu: Самоскиди вантажівки Scania. URL:https://www.truck1.com.ua/vantazhivki/samoskidi-vantazhivki/scania?sort=price_desc. Загол. з екрана.
37. Дніпро: Як вивозять сміття у Дніпрі на вихідні. Інспекція чергового по місту. URL:<https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/62888/yak-vivozyat-smittyu-u-dnipri-na-vihidni-inspekciya-chergovogo-po-mistu>. Загол. з екрана.
38. Дніпро: «Доручив збільшити кількість GPS-навігації на смітєвозах», - черговий по місту. URL:<https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/54039/doruchiv-zbilshiti-kilkist-gps-navigacii-na-smittevozah-chergovij-po-mistu>. Загол. з екрана
39. Економічна правда: Сміття в головах: як бізнес привчає українців сортувати сміття і що з того виходить. URL:<https://bodnarivkaeko.lviv.ua/index.php/yak-pravylnno-vidsortuvaty-smittia>. Загол. з екрана
40. Боярська громада офіційний портал: Беремо наприклад – досвід провідних країн із сортування та утилізації сміття. URL:https://mistoboyarka.gov.ua/novyny_podii_oholoshennia/novyny%20beremo_pryklad_dosvid_providnykh_krain_iz_sortuvannia_ta_utyilizatsii_smittia.html. Загол. з екрана

41. Рубрика все по поличках: Як сортувати сміття в селі та заробляти на цьому гроші: інструкція. URL:<https://rubryka.com/article/selo-smitty-a-instruktsiya/>. Загол. з екрана.
42. Prom: Пластиковий євроконтейнер для сортування сміття на 1100л. URL:https://prom.ua/p1484794184-plastikovyj-evrokontejner-dlya.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_50_b2b&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqmwBhBVEiwAL-WAYQQrXgM_A7u0cNmrtRaupKdQXjaU4nQYnoyGYq88AT6O6hOjWE84wBoCDnEQAvD_BwE. Загол. з екрана
43. VSM Ecology: Мусорный контейнер сетчатый 1.1м2. URL:https://vsmeco.kiev.ua/p726821839-musornyj-kontejner-setchatyj.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqmwBhBVEiwAL-WAYYY868fnQ_6x4284kiYeUWh7lWSN92RrDqzAvWdBDxI8D47lt0DRPOhоСТ7lQAvD_BwE. Загол. з екрана
44. Prom: Пластиковый евроконтейнер для сортировки мусора на 1100л. URL:https://prom.ua/p1484794184-plastikovyj-evrokontejner-dlya.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_50_b2b&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqmwBhBVEiwAL-WAYQQrXgM_A7u0cNmrtRaupKdQXjaU4nQYnoyGYq88AT6O6hOjWE84wBoCDnEQAvD_BwE. Загол. з екрана
45. Купівля вторсировини у Вінниці: Таблиця цін на вторсировину. URL:<http://www.klemeshov.com.ua/uk/prices-ua/>. Загол. з екрана
46. Схема санітарної очистки м. Дніпропетровська. М. Дніпропетровськ – 2013р., 151с.
47. Барінов Максим Олександрович, Олексієвець Іван Леонтійович, Родная Діана Віталіївна, Журавель Тарас Валентинович, Коломієць Сергій

Валерійович, Козлова Ірина Анатоліївна, Пархоменко Ганна Петрівна, Бондар Олександр Іванович. ПОСІБНИК - практичні аспекти управління відходами в Україні. 2021р. 121с.

- 48.Konsort: Лінія ддля сортування ТПВ до 150000т. в рік. URL:<https://konsort.com.ua/catalog/liniya-dlya-sortuvannya-tpv-do-150-000-ton-v-rik/>. Загол. з екрана.
- 49.Konsort: Лінія ддля сортування ТПВ до 50000т. в рік. URL <https://konsort.com.ua/catalog/liniya-dlya-sortuvannya-tpv-do-50-000-ton-v-rik/>. Загол. з екрана.
- 50.ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» - К.: МОЗ України, 2018.
- 51.ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату» - К.: МОЗ України, 2000.

 СЕКЦІЯ - СУЧАСНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 628.47

Мулін В.С., студент гр. 183-20-1

Науковий керівник: Борисовська О.О., к.т.н., завідувачка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У М. ДНІПРО

Поводження з відходами є однією з ключових проблем сучасних міст, і місто Дніпро не є винятком. Зростаюча кількість населення, швидкий розвиток і зміна споживчих звичок призводять до того, що стає справжнім викликом пошук раціональних та екологічно чистих способів управління відходами. Місто Дніпро активно розвиває систему обробки та утилізації сміття, однак ефективне розв'язання цієї проблеми вимагає спільних зусиль місцевих влад, громади та підприємств. У цій роботі ми розглянемо стан справ у сфері поводження з відходами в місті Дніпро, а також обговоримо можливий шлях подолання цієї важливої проблеми. Насамперед варто зупинитися на Правобережному полігоні м. Дніпро. Потужність об'єкта по прийому і розміщенню відходів – 5,322 млн. м³. Відстань від межі міста до полігону – 5 км [1]. Полігон Правобережний є об'єктом для поводження з твердими побутовими відходами в місті Дніпро з 2012 року. Розташований на правому березі річки Дніпро, цей полігон забезпечує збір, сортування, утилізацію та управління відходами. Кожного дня він приймає приблизно 2 тис. т сміття, а це близько 260 вантажівок [2].

Основні технологічні процеси, що виконуються на Правобережному полігоні:

Збір та сортування. У місті розміщені спеціальні контейнери для збору твердих побутових відходів, після вивантаження сміттєвози доставляють відходи на полігон.

Переробка та утилізація. Полігон «Правобережний» має сортувальні лінії та обладнання для подальшої переробки твердих побутових відходів.

Контроль та екологічна безпека. Полігон «Правобережний» підлягає строгому контролю та додержанню норм екологічної безпеки. Це включає перевірки якості ґрунту, контроль якості води та повітря, а також дотримання норм зберігання та утилізації відходів. Введення сучасних технологій та методів допомагає зменшити негативний вплив полігону на навколишнє середовище.

Моніторинг та планування. Управління полігоном «Правобережний» здійснює постійний моніторинг обсягів сміття, рівня заповнення контейнерів, ефективності процесів сортування та переробки. Це дозволяє здійснювати планування та оптимізацію роботи полігону з метою підвищення ефективності та зменшення впливу на довкілля.

Проаналізуємо кількість твердих побутових відходів (ТПВ), що надходять до Правобережного полігону від об'єктів житлового фонду (таблиця 1) [1, 3]. Згідно з проведеним розрахунками, щорічно у місті Дніпро тільки від об'єктів житлового фонду утворюється більше 300 тис. т побутових відходів. Доволі вагома частина ресурсів, яку можна використати як вторинну сировину, надходить до полігону нашого міста і захоронюється. Ці відходи можна відсортувати та після цього продавати компаніям, які закупають вторинну сировину. Також з харчових відходів та відходів рослинного походження можна видобувати біогаз, завдяки якому можна отримувати енергію. Маючи дані щодо морфологічного складу ТПВ м. Дніпро [4], обчислимо кількість корисних компонентів, що можуть бути потенційно утилізовані: харчові та рослинні відходи (44 %) – 144,5 тис. т/рік; папір, текстиль (21 %) – 69,0 тис. т/рік; скло (6 %) – 19,7 тис. т/рік; метал (2 %) – 6,6 тис. т/рік; пластмаса, шкіра, гума (9 %) – 29,6 тис. т/рік.

СЕКЦІЯ - СУЧАСНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Таблиця 1

Кількість ТПВ, що утворюються у м. Дніпро від житлового фонду [1, 3]

Район міста Дніпро	Кількість абонентів, осіб		Норма накопичення, кг/рік	Кількість ТПВ за рік, т
Шевченківський	багатоквартирні будинки	125 800	339	42 646,20
	приватний сектор	16 400	403,2	6 612,48
Центральний	багатоквартирні будинки	54 300	339	18 407,70
	приватний сектор	4 469	403,2	1 801,90
Чечелівський	багатоквартирні будинки	72 800	339	24 679,20
	приватний сектор	46 000	403,2	18 547,20
Самарський	багатоквартирні будинки	42 200	339	14 305,80
	приватний сектор	31 200	403,2	12 579,84
Амур-Нижньодніпровський	багатоквартирні будинки	85 900	339	29 120,10
	приватний сектор	61 200	403,2	24 675,84
Соборний	багатоквартирні будинки	70 583	339	23 927,64
	приватний сектор	20 500	403,2	8 265,60
Новокодацький	багатоквартирні будинки	132 300	339	44 849,70
	приватний сектор	31 900	403,2	12 862,08
Індустріальний	багатоквартирні будинки	113 400	339	38 442,60
	приватний сектор	16 700	403,2	6 733,44
Разом	-	925 652	-	328 457,32

Загалом кількість вторинних ресурсів у складі ТПВ, що утворюється тільки від об'єктів житлового фонду міста, становить 269,3 тис. т/рік або 82 % від загальної кількості відходів. Отже, проаналізувавши відходи міста Дніпро, ми точно можемо зробити висновок щодо переліку ресурсів для можливого видобутку:

1. Енергія: деякі сміттєпереробні заводи використовують біомасу або пально-енергетичні відходи для виробництва електроенергії або тепла. Ця енергія може бути використана для житлових будинків або підприємств.

2. Компост: органічні відходи можуть бути перероблені в компост, який може бути використаний як добриво для сільського господарства та садівництва.

3. Метан: деякі сміттєпереробні заводи виділяють метан, який може бути використаний як енергетичне паливо або як сировина для виробництва хімічних речовин.

4. Зменшення площі полігонів: переробка сміття на заводі допомагає зменшити об'єм сміття, який захоронюється, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

5. Вторинні сировинні матеріали: скло; пластик; метали; текстиль; папір і картон.

У висновках до роботи хочемо підкреслити, що сортування сміття та утилізація вторсировини є ключовими елементами впровадження циркулярної економіки та досягнення стійкого розвитку. Ці практики допомагають зменшити кількість відходів, забезпечуючи їхнє повторне використання та переробку, що сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню виробництва нових матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Конкурсна документація щодо визначення виконавців послуг з вивезення побутових відходів у м. Дніпро. URL: <http://surl.li/ncrjx>. Загол. з екрана.

2. За рік у Дніпрі переробили на сміттевому полігоні 1% від усіх відходів, – активістка. URL: <http://surl.li/ncrjx/>. Загол. з екрана.

3. Про затвердження норм надання послуг з вивезення побутових відходів у місті Дніпро. URL: <http://surl.li/ncrjx>. Загол. з екрана.

**Відгук керівника на кваліфікаційну роботу бакалавра на тему:
Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м.**

Дніпро

студента групи 183-20-1 Муліна Владислава Сергійовича

Мета кваліфікаційної роботи – аналіз переваг та недоліків існуючої системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро та розробка рекомендацій щодо її удосконалення.

Кваліфікаційна робота, присвячена удосконаленню системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро, є дуже актуальною і важливою у сучасних умовах. Сміттєві кризи, забруднення ґрунтів і водойм, збільшення кількості підприємств, що займаються обробкою відходів – все це вимагає пошуку нових, більш ефективних методів управління відходами. Крім того, у зв'язку зі стрімким розвитком технологій, стає можливим застосування сучасних технологій у поводженні з твердими побутовими відходами. Відновлювані ресурси, вторинна переробка, розумні системи сортування та утилізації – це лише кілька прикладів новаторських підходів, які можуть бути використані для покращення системи управління відходами у м. Дніпро.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» – сутність та параметри технологічних процесів, принципи розроблення нових та удосконалення існуючих технологій захисту навколишнього середовища.

Практичне значення результатів роботи в зменшенні кількості небезпечних відходів, що потрапляють на сміттєзвалища та полігони; зменшенні площ, відведених під полігони сміття, а отримані результати можуть слугувати основою для подальших досліджень і практичних заходів у сфері управління твердими побутовими відходами.

Оформлення пояснювальної записки виконано без значних відхилень від стандартів. Ступінь самостійності виконання кваліфікаційної роботи задовільна. Дотримання графіка виконання роботи є задовільним.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки «відмінно».

Керівник кваліфікаційної роботи,
завідувачка кафедри екології
та ТЗНС, к.т.н., доц.

_____ О.О. Борисовська

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра студента групи 183-20-1
Муліна Владислава Сергійовича на тему «**Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро**»

Кваліфікаційна робота виконана відповідно до завдання, відповідає темі дослідження, містить 81 сторінка пояснювальної записки, 12 рисунків, 5 таблиць, 5 додатків, 51 літературне джерело, 5 додатків.

Представлена у кваліфікаційній роботі технологічна концепція є вкрай актуальною і важливою у контексті сучасних викликів, що стоять перед містом Дніпро у сфері управління твердими побутовими відходами. Зростаюча кількість відходів та обмежені ресурси вимагають пошуку нових методів їх утилізації та переробки. Використання сучасних технологій управління твердими побутовими відходами сприятиме зменшенню впливу на довкілля та здоров'я мешканців. Отже, дана робота має велике значення для розвитку міста та підвищення його екологічної стійкості, а також може слугувати основою для подальших наукових досліджень у цій області.

Студентом Муліним В.С. у представленій кваліфікаційній роботі досліджено сучасну систему управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро. Визначені обсяги утворення побутових відходів у м. Дніпро та проаналізований їх морфологічний склад. Розглянуто схему санітарної очистки м. Дніпро від твердих побутових відходів; надано характеристику Правобережному полігону, а також закритим звалищам на Кулебовці та Ігрени, сміттєспалювальному заводу. Визначені переваги та недоліки сучасної системи поводження з відходами у м. Дніпро

У технологічному розділі запропоновані шляхи удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро. Досліджено можливість отримання енергії з твердих побутових відходів; отримання компосту із твердих побутових відходів; отримання біогазу з твердих побутових відходів; вилучення вторинної матеріальної сировини з побутових відходів з метою подальшого рециклінгу. Виконаний порівняльний аналіз технологій переробки твердих побутових відходів, запропоноване технологічне рішення, яке включає в себе запровадження технології сортування відходів в умовах заводу та використання частини відходів, що не підлягає переробці, у якості палива для плазмового реактору, який виконує плазмову газифікацію з метою отримання електроенергії.

Отримані результати є основою для прийняття управлінських рішень в системі охорони навколишнього середовища і спрямовані на розробку високоефективних природоохоронних заходів.

Вважаю, що *Мулін Владислав Сергійович* показав високий рівень підготовки кваліфікаційної роботи, яка виконана на актуальну тему, має практичну цінність і заслуговує оцінки « _____ ».

Рецензент,

(посада)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

ДОВІДКА
 про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи бакалавра
 на присутність запозичень (плагіату)

Авторка роботи	<u>Мулін Владислав Сергійович</u>
ЗВО	Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
Інститут, факультет, кафедра, група	Інститут природокористування, кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища, 183-20-1
Тема кваліфікаційної роботи	«Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у м. Дніпро»
Результати перевірки	
Запозичення (плагіат), %	
Оригінальність, %	
Модуль пошуку	unicheck.com

Роботу перевірила:
 завідувачка кафедри екології
 та технологій захисту навколишнього
 середовища, к.т.н., доц.

О.О. Борисовська

Відгуки керівника розділу з охорони праці та нормоконтролера