

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У МІСТІ ВІННИЦЯ .....	8
1.1 Сучасне вивчення питань управління та поведження з твердими побутовими відходами .....	8
1.2 Аналіз існуючої схеми поведження та управління твердими побутовими відходами(ТПВ) у м. Вінниця .....	19
Висновок по першому розділі: .....	28
2 РОЗРАХУНОК НАКОПИЧЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	30
2.3 Розрахунок необхідної кількості вмістилищ для збирання ТПВ .....	35
2.4 Транспортування побутових відходів .....	37
2.5 Аналітична залежності морфологічного складу ТПВ від рівня благополуччя населення.....	39
Висновки до другого розділу:.....	48
3 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ ТПВ МІСТА ВІННИЦЯ.....	49
3.1 Децентралізована модель поведження з ТПВ.....	49
3.2 Сортування ТПВ у місті Вінниця .....	66
3.3 Вибір методу утилізації ТПВ .....	75
Висновки до третього розділу: .....	81
4 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МОДЕЛІ ПОВОДЖЕННЯ З ТПВ.....	83
4.1 Екологічна оцінка існуючої моделі поведження ТПВ .....	83
4.2. Екологічна оцінка децентралізованої моделі поведження ТПВ .....	87
Висновки до четвертого розділу:.....	89
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	90
5.1. Загальні відомості.....	90
5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	91
5.3 Карта умов праці.....	93
5.4. Пожежна безпека .....	98
5.5 Розрахунок викидів шкідливих речовин (сірчаного газу).....	100
Висновки по п'ятому розділу .....	101
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	104
ДОДАТКИ.....	115

## ВСТУП

Питання санітарної очистки міста, яке в більшій мірі пов'язане зі збиранням, утилізацією й захороненням побутових відходів, актуальні практично для всіх міст України. Особливо гостро проблема поставлена в містах зі значним ростом населення, до яких відноситься Вінниця. Тому залишається економічно, технологічно і екологічно обґрунтованою необхідність в розробці і впровадженні нових прогресивних і безпечних методів вирішення проблеми позбавлення жителів міста від небезпеки забруднення атмосфери відходами споживання.

На сьогодні однією із основних причин екологічно небезпечної ситуації в ряді регіонів України є недосконалість системи збирання й транспортування і утилізації твердих побутових відходів (ТПВ), яка потребує вдосконалення та постійної адаптації до зростання кількості та різноманітності побутових відходів внаслідок збільшення чисельності міського населення, підвищення добробуту, зміни обсягу житлового фонду, роздрібної торгівлі та виробництва.

Недосконалість технологічних схем транспортування ТПВ з узгодженням інтересів усіх учасників у сфері поводження з ними, а також відсутність науково обґрунтованих залежностей обсягів утворення ТПВ від соціально – еколого- економічних чинників факторів впливу на них (кліматичні умови, чисельність населення, обсяг житлового фонду, обсяг роздрібної торгівлі, обсяг виробництва й грошові доходи громадян), які б можна було використати для прогнозування та прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки актуальність дослідження удосконалення даної системи, визначили вибір теми бакалаврської роботи та дозволили сформулювати наукові завдання, основні напрями та практичне значення досліджень.

Актуальність теми, зумовлена з одного боку, – прогнозуванням накопичення ТПВ, визначення їх морфологічного складу, з іншого боку, – моделюванням системи поводження з ТПВ міста, що одночасно дає змогу розв'язувати поставлені завдання.

Зважаючи на зазначене, виявлення залежностей обсягів накопичення, фізико-хімічних властивостей та морфологічного складу ТПВ від впливу найважливіших соціально-еколого-економічних чинників, які б забезпечили можливість прогнозування їх динаміки, створення оптимальних екологічно безпечних процесів транспортування та переробки ТПВ, як підгрунття ефективних управлінських рішень у сфері міського господарства, є **завданнями роботи.**

**Метою** даної роботи є удосконалення процесів безпечного управління та поводження з твердими побутовими відходами, що дозволить суттєво зменшити антропогенне та техногенне навантаження на території міста і в цілому покращити екологічну ситуацію.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені наступні **завдання:**

1. Провести аналіз основних проблем збору та транспортування твердих побутових відходів міста Вінниці.

2. Визначити обсяги накопичення ТПВ, враховуючи вплив екологічних, соціально-економічних чинників та спрогнозувати обсяги утворення твердих побутових відходів на території міста.

3. Оцінити морфологічний склад ТПВ залежно від сезонів року.

4. Проаналізувати основні методи утилізації твердих побутових відходів та вибрати оптимальний для міста Вінниці за технологічними та економічними характеристиками, опираючись на дослідження складу ТПВ.

**Об'єктом** дослідження є технологія та організація поводження з ТПВ на етапах завершення їх утворення.

**Предметом** дослідження процесів управління та поводження з муніципальними ТПВ, як найважливішого аспекту санітарного очищення міста.

**Методи дослідження.** З традиційних загальнонаукових методів застосовувалися:

– аналіз і синтез (дослідження властивостей і факторів впливу, обсяг накопичення ТПВ);

- порівняння та аналогія (було порівняно різні методи переробки ТПВ для міста Вінниця);
- узагальнення та абстрагування;
- апроксимації (встановлення обсягів утворення ТПВ від чисельності населення, рівня доходу і т.п.);
- математичної статистики (планування накопичення ТПВ, проекту транспортування і переробки ТПВ).

**Наукова новизна** одержаних результатів:

- проаналізовано обсяги утворення ТПВ залежно від факторів впливу – кліматичних умов, чисельності населення, обсягу житлового фонду, обсягу роздрібної торгівлі, обсягу виробництва й грошових доходів громадян, що дозволило прогнозувати рівень утворення відходів під впливом соціально-еколого-економічних чинників міста Вінниця;
- вперше запропонована нова схема поводження та управління ТПВ, яка полягає у децентралізації пунктів сортування і переробки сміття у кожному районі міста з метою покращення екологічної безпеки та рекультивацією старого полігону у с. Стадниця, як фактору значного антропогенного навантаження;
- удосконалена методика оцінки морфологічного складу ТПВ залежно від сезонів року для проектування системи поводження з ТПВ міста Вінниця.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що на основі проведених теоретичних досліджень та отриманих наукових результатів:

- розроблено новий спосіб влаштування підземних споруд під дорожнім покриттям вулиць міста;
- створено новий будівельний виріб та обладнання для його виготовлення для влаштування перекриття підземних споруд;
- запропоновано методику визначення виду парковки в залежності від містобудівної ситуації.

**Особистий внесок здобувача** у роботах полягає у такому: [2] – проведено аналіз проблеми поводження з ТПВ міст України; [3] – запропоновано

варіантна модель поводження з ТПВ; [3] – виконано аналіз методів отримання альтернативної енергії з утилізації біогазу

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано наукові праці: 2 статті [2, 3] у науковому фаховому виданні.



Рис. 1.1 – Схема методу дослідження

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ У МІСТІ ВІННИЦЯ

#### 1.1 Сучасне вивчення питань управління та поводження з твердими побутовими відходами

Зростання населення у місті, індустріалізація, урбанізація й економічне процвітання призводять до збільшення ТПВ. Крім того, з рівнем розвитку промисловості, хімічна природа відходів стає складнішою. Це є причиною того, що відходи несуть більшу небезпеку для людей і навколишнього природного середовища. Тому виникає необхідність відмовитись від застарілих моделей поводження з ТПВ у містах та розробити схему санітарної очистки міста у відповідності з сучасними реаліями.

Управління поводженням з ТПВ вивчали Мюррей Р., Dr. Joachim Vomer, Н. Jackobsen, М. Kristoferrsen та А. І. Пашенцева [56; 68; 97]. Питанням удосконалення організаційно-економічного механізму управління твердими побутовими відходами присвячені дослідження А. Андрейченка, О. Ігнатенка, Б. Сарбаева А [4, 41, 78].

Науковцями розробляються підходи щодо розробки схеми санітарної очистки міст у великих містах України. Водночас, організаційно-економічно-екологічні проблеми поводження з ТПВ в науковій літературі висвітлено недостатньо. Це і зумовило потребу у проведенні дослідження, де було б проаналізовано організаційно-економічно-екологічне забезпечення процесів поводження твердими побутовими відходами у малих містах України.

Огляд наукових праць свідчить, що автори не приділяють достатньої уваги питанням організації обліку та оцінки відходів. Як правило, при складанні схеми санітарної очистки міста не враховують зміну морфологічного складу відходів сезонно. А це вкрай не вірно, оскільки за результатами

спостережень влітку більше ресурсоцінного сміття, зокрема, паперу, скла, полімерних відходів та органіки, які можуть бути використані для рециклінгу.

Практичний досвід свідчить, що всі відходи можна розглядати як зворотні, тобто такі, що мають певну цінність [7; 80; 87]. Крім того, розвиток науково-технічного прогресу сприяє все більшому використанню різних відходів. Навіть зараз більшість безповоротних відходів не використовуються лише у зв'язку з технологічною або економічною недоцільністю.

На думку таких учених як І. П. Беляєв, О. В. Березюк, О. В. Мороз, А.О. Свентух, О. Т. Свентух, В. І. Савуляк, Є. І. Упирьов, ТПВ, що утворюються в результаті життєдіяльності людей і вивозяться на міські полігони, це суміш складного морфологічного складу (чорні і кольорові метали, макулатура, склобій, пластмаса, харчова частина, камені, кістки, гума), а основну питому вагу в загальній масі полімерних відходів займає поліетилентерефталат (ПЕТФ) близько 25 % [15; 51; 55; 74].

Досвід розробки , проектування та експлуатації обладнання для переробки в нашій країні недостатньо опрацьований. Зокрема, при патентному пошуку знайдено:

– патент на корисну модель № 54230 Ларіоненка С.А.Комплексний спосіб сортування, підготовки та переробки побутових відходів. Згідно нього сортування побутових відходів здійснюється по фракціях і однорідності в сепараторі барабанного типу. Після сортування здійснюють утилізацію відходів та отримують продукти переробки шляхом піролізу. Мінусами даного способу є те, що на етапі сортування в сепараторі можливе лише відсортування органічних і біологічних відходів. Подальше сортування здійснюється на конвеєрах вручну, що не сприяє зменшенню трудовитрат. Метод розглядає, як ресурс оцінні лише відходи гумотехнічних виробів і органічні. Саме через це модельне може вважатися універсальною і підходити до використання у кожному місті України.

–патент на корисну модель № 52479 Лебеденка В. М. Спосіб сортування та переробки побутових відходів. Спосіб передбачає розділення твердих

побутових відходів, вилучення металу, переробку вторинної сировини. Відбір паперу, скла, макулатури, поліетилену, металу, мотлоху, гуми передбачено здійснювати сортуванням вручну. Ручне сортування міського сміття у великих об'ємах не допустимо, оскільки це призводить до здорожчання переробки відходів і шкідливо для працівників.

– патент на корисну модель № 72810 Даценка В.М. Конвеєр для сортування твердих побутових відходів (ТПВ). Установка містить прийомний бункер та стрічковий конвеєр, який відрізняється тим, що на конвеєрі встановлені захвати та підпружинені ножі, які дозволяють більш ефективно та раціонально розподілення ТПВ по конвеєру для сортування. Мінуси очевидні – низька ефективність ручної праці.

Проаналізувавши патенти, можемо зробити висновок про недостатність вивчення питання сортування сміття на науково – технічному рівні. Оптимальним варіантом є подальша автоматизація системи сортування відходів.

Особливо пильної уваги заслуговує екологічна сторона проблеми. Основні дослідження можливості зниження негативного впливу звалищ і полігонів ТПВ на довкілля представлені в роботах: Гонопольский А. М. , Ножевникова А.Н. , Мурашова В.Є. , Вайсмана Я.І. , Ліллепярг Є.Р. та ін, але недостатньо висвітлені методи проектування природоохоронних систем в місцях розташування полігонів ТПВ та сміттєзвалищ.

Різним аспектам проблеми ТПВ присвячені роботи Н. В. Абрамова, В. М. Белькова, І. В. Бабакіна, І. Л. Бондара, І. В. Галицького, О. В. Горбатюка, Н.І. Гордієнко, Г. А. Денисова, В. В. Журковича, О. М. Клименко, Л. В. Лисенко, Є. Л. Мінкіної, В. А. Мироненко, В. І. Оспищева, Л. В. Рибкіна, Г. А. Сергієвої, В. Т. Трофімова та багатьох інших учених, які зробили суттєвий внесок у базу даних поводження з відходами та місць їхнього розміщення [6; 8; 16; 31; 42; 50; 54; 62; 63-64].



Проблема утилізації твердих відходів сьогодні не вирішена повного мірою в жодній країні світу, і в умовах урбанізації вона запишається на порядку денному ХХІ століття.

Забезпечення життєдіяльності людини також пов'язане з появою величезної кількості різноманітних ТПВ. Цьому сприяє в останні десятиріччя значне зростання у всьому світі їхнього споживання. Зараз один житель у середньому продукує 200-300 кг/рік ТПВ, при цьому їх кількість щорічно збільшується на 3 — 5 % [77]. Для прикладу, використання пластмасового упакування зумовлює утворення відходів у розмірі 40-50 кг на людину в рік. За твердженнями науковців, у наш час маса потоку ТПВ, що надходить щорічно в біосферу, досягла майже геологічного масштабу і становить близько 400 млн. т/рік, а це негативно впливає на санітарно-епідеміологічний стан населених пунктів [62; 63; 93]. Сьогодні у світі ведеться боротьба за скорочення утворення ТПВ та зведення до мінімуму утворення відходів узагалі і, насамперед, небезпечних. Тобто застосовується превентивний підхід до сфери поводження з відходами [35]. Це досягається прийняттям законодавчих актів, регіональних програм підтримки і т.п. На території України на даний момент відсутня політика скорочення утворення ТПВ.

Практичний досвід П. Ю. Куркіна, В. Г. Ларіонова, М. Н. Скрипнікова, Е. С. Шершнева засвідчив: якщо під час складування на полігонах та звалищах морфологічний склад ТПВ суттєво не впливає (або майже не впливає) на технологію робіт і технічні показники, то в процесі промислової переробки він набуває важливого значення [14; 21; 48-49; 79; 90]. Основними показниками стають морфологічний склад, вологість ТПВ та співвідношення органічних і неорганічних речовин. Зрозуміло, що з кожним роком і навіть з кожним сезоном змінюється морфологічний склад ТПВ. У сучасний період збільшується кількість полімерів (ПЕТФ, картону) і значно зменшалася кількість харчових відходів. У зв'язку з цим постає питання про необхідність роздільного збирання окремих компонентів ТПВ як населенням, так і торговельними, промисловими та іншими підприємствами; матеріальне

заохочення підприємств і фізичних осіб забезпечить збирання залишків тари й упаковок, паперових і харчових відходів, а також скла та ПЕТФ.

Гонопольским А. М., Дрейєром А. А., Сачковим А. М., Черп О. М. тощо обгрунтовано більше 20 методів знешкодження та утилізації ТПВ, кожний з яких має 5-10 (деякі - до 50) різновидів технологій, технологічних схем, типів споруд [14; 83; 85; 86]. За кінцевою метою методи знешкодження й переробки ТПВ поділяються на ліквідаційні (розв'язують в основному санітарно-гігієнічні завдання) та утилізаційні (ще й економічні проблеми – використання вторинних ресурсів). За технологічним принципом – на біологічні, термічні, хімічні, механічні, змішані тощо. У країнах, що розвиваються, через високі капітальні витрати на сміттєспалювання, а також через високий рівень емісії парникових газів, у сфері поводження з побутовими відходами перейшли на шлях будівництва менш капіталомістких сміттєперевантажувальних і сміттєсортувальних станцій.

Екологічна програма дій, прийнята ЄС у 2001 р., ставить за мету зниження загальної кількості відходів, які підлягають знищенню до 2012 р. на 20 %, а до 2050 р. - на 50 % [21]. Для цього запропоновано використовувати такі інструменти як система оподаткування джерел відходів, розробка стратегії переробки відходів, удосконалення існуючих схем зміни якісних і кількісних

показників відходів, а також система екомаркування та екологічної оцінки впливів на навколишнє середовище.

Суть директив ЄС із питань ефективної роботи з відходами, між ними й директиви 2000/5 ЄС чи директиви 2002/96/ЄС, зводиться до відповідальності виробників за безпеку своєї діяльності на етапі утворення відходів і вторинне використання [8; 92].

Дії, спрямовані на запобігання утворенню небезпечних відходів, першочергові і визначаються в законодавстві ЄС, зокрема у Рамковій Директиві про відходи 2006/12/ЄС, Стратегії ЄС у сфері поводження з відходами та в таких міжнародно – правових актах, як Порядок денний на XXI століття [ \_\_\_],

Сміттєспалювальні заводи набули значного поширення в країнах з високою щільністю населення і великим дефіцитом вільних площ (Німеччина, Японія, Швейцарія, Бельгія тощо). Один з недоліків сміттєспалювальних заводів – труднощі з очищенням газів від шкідливих домішок в атмосфері, особливо від діоксидів [23; 65]. Крім того, ці заводи значно перевершують будь-які інші сміттєпереробні підприємства щодо капітальних та експлуатаційних витрат (вартість утилізації становить не менше 120-140 грн/т). Збільшення вмісту у відходах полімерних матеріалів призводить до збільшення концентрації шкідливих викидів газу. Практично всі діючі в країнах СНД сміттєспалювальні заводи оснащені імпортом устаткуванням [79; 93]. Ураховуючи економічну ситуацію в Україні, придбання таких заводів є вкрай проблематичним для українських міст. До того ж, екологічний і економічний ефект від їхньої роботи не виправдовує експлуатаційні витрати, які підтверджують фахівці житлово- комунальних господарств та екологічних служб країни [35]. Крім того значне екологічне навантаження від сміттєспалювальних заводів не сприяє дотриманню норм Кіотського протоколу.

У багатьох європейських країнах (Франція, Італія, Німеччина, Нідерланди, Швеція та інші), а також у великих містах СНД (Санкт-Петербург, Нижній Новгород, Мінськ, Ташкент, Тбілісі, Баку, Алма-Ата, Тольятті тощо) експлуатуються сміттєпереробні заводи, що використовують технологію аеробного біотермічного компостування [9; 24; 27; 32; 37; 61; 79; 91; 94]. На сміттєпереробних заводах країн Західної Європи, де завдяки роздільному збиранню на заводи надходять тільки органічні відходи, виробляють компост для сільського господарства [20; 28].

Технологія сортування відходів поширена в тому чи іншому вигляді в усіх розвинутих країнах світу, у яких відповідно до завдань відходи сортуються за видами. Так, у Німеччині діє роздільна система збирання відходів залежно від матеріалів місць їхнього утворення з подальшим досортуванням на заводах сортування та перероблення вторинної сировини. У деяких районах Швеції

відходи сортуються за принципом тепловіддачі на горючі та негорючі з подальшою утилізацією горючих компонентів для отримання енергії [65; 66].

Система утилізації відходів у Канаді почата зростати і розвиватися з 1986 року. Ключем до зниження відходів на 50 % стала так звана Програма зниження відходів 4R (Reduction, Reuse, Recycling and Recovery) – зниження, повторне використання, переробка, утилізація [95]. 4R – це ієрархія, у якій «зниження» виробництва відходів є кращою альтернативою, а найкраще не створювати відходів узагалі. Третя з кращих альтернатив - «переробка». Нарешті, матеріали можна утилізувати, якщо не можливо застосувати жодну з інших альтернатив [96].

Європейський союз установив норму - 50 % для переробки всіх відходів з 1998 року – деякі його члени запропонували ще більш високі норми. Нідерланди приступили до виконання програми, що гарантує повну відсутність пакувальних відходів на звалищі, з 2001 року [23]. Уряд США створює програми з переробки, що мають на меті зменшення муніципальних витрат на знищення сміття. У більшості штатів видані закони, що вимагають від компаній активного використання та переробки матеріалів і рішучого скорочення застосування матеріалів, які відправляють на звалище [15; 25; 33].

Рішення, прийняті в Німеччині, Японії, Італії, Швейцарії, Великобританії, густонаселених країнах з розвиненою пакувальною промисловістю і проблемами твердих відходів, відбиваються на всьому іншому світі. Компанії, що діють у цих країнах, змушені створювати нові, економічні вигідне законодавство в питаннях управління відходів [53; 73].

В Україні прийнято цілу низку нормативно-правових актів у сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища, що стосуються сфери поводження з відходами, а саме: Закони України «Про відходи», «Про забезпечення санітарно-епідемічного благополуччя населення», «Про екологічну експертизу», «Про охорону навколишнього природного середовища», Земельний Кодекс, Кодекс України про надра та інші законодавчі акти [46; 71-72].

Закон України «Про відходи» визначає правові, організаційні й економічні основи діяльності, спрямованої на зменшення обсягів утворення відходів, на забезпечення їх збирання, перевезення, збереження, оброблення, утилізацію та видалення, знешкодження й захоронення, а також на запобігання негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини на території України [38-39; 69]. Однак, загальні положення Закону України «Про відходи» недостатньо враховують специфіку ТПВ і не забезпечують побудови ефективної системи поводження з ними. Насамперед треба зважати на те, що ТПВ – найбільш соціально значима і проблемно-відокремлена частина відходів, що за організаційно-економічною та техніко-технологічною проблематикою, а також за особливостями регулювання, докорінно відрізняються від інших відходів.

Значимість проблеми поводження з відходами вимагає проведення цілеспрямованої державної регуляторної політики. Головна мета комунального господарства це усунення потенційної або реальної загрози для життя, здоров'я людей та стану навколишнього природного середовища.

Правове визначення порядку поводження з відходами, їх утилізація чи вторинна переробка мають стратегічне значення, враховуючи, що екологічна безпека є невід'ємною складовою безпеки національної, відповідно до положень Закону України «Про основи національної безпеки України» від 19 червня 2003 року N 964–IV.

Відходи несуть потенційну загрозу екологічній рівновазі. Більшість відходів вивозиться на звалища та полігони, оскільки, на законодавчому рівні відсутні стимули для мінімізації обсягів відходів та підвищення рівня їх переробки чи утилізації, а метод захоронення ТПВ є найдешевшим і найбільш швидким, хоча необхідно чітко усвідомлювати, що сьогодні це не вирішення проблеми. На нашу думку, є гостра необхідність вдосконалити законодавство, що регулює сферу поводження з відходами, зокрема регулювання вторинної переробки ресурсоцінного сміття.

Сьогодні сфера поводження з ТПВ України знаходиться в кризовому становищі. Ця криза має кілька аспектів, головними з яких є накопичення ТПВ, які безупинно зростають, як в абсолютних величинах, так і на душу населення; склад ТПВ змінюється, поповнюючись усе більшою кількістю екологічно небезпечних компонентів; населення до традиційних методів розміщення сміття на смітниках ставиться негативно; економіка поводження з відходами ускладнюється, вартість переробки і розміщення відходів стрімко зростає, сучасне поводження з відходами із суто економічних причин потребує великих інвестицій приватних підприємств [22; 36].

У наш час на території України щорічно утворюється близько 1 млрд м<sup>3</sup> (650 млн. т) відходів споживання. В середньому щорічне збільшення об'ємів ТПВ становить 2 %. За прогнозами фахівців до 2015 р. накопичення ТПВ в Україні зросте до 1,2 млрд м<sup>3</sup> у рік. Площа, зайнята полігонами й звалищами, вже перевищує 420 тис. га і щорічно збільшується на 2,5-4 %. Індустріальні методи переробки відходів в Україні розвинуті слабо. Обсяг відходів, що перероблюється цими методами, не перевищує 3-4 % від кількості відходів, що утворюються. Отже, проблема збирання, транспортування та знешкодження ТПВ і великогабаритного сміття набуває з першорядного значення в міському господарстві [16; 50; 55].

З усієї кількості полігонів лише близько 8 % відповідали санітарним вимогам, а більшість становили значну епідеміологічну небезпеку, порушуючи природний ландшафт, забруднюючи ґрунт, підземні та ґрунтові води, атмосферне повітря. Слід зазначити, що, незважаючи на небезпеку для навколишнього середовища, багато переповнених і формально закритих полігонів продовжували приймати значні об'єми ТПВ, а це забезпечує їх власникам отримання високих доходів [5; 35; 75-76].

Склад та об'єм побутових відходів надзвичайно різноманітний і залежить не тільки від країни й місцевості, але й від пори року та від багатьох інших чинників. Папір і картон - найзначніша частина ТПВ (до 40 % у розвинених країнах). Друга за об'ємом категорія ТПВ в Україні - це так звані органічні

відходи; метал, скло і пластик які становлять 7-9 % від загальної кількості відходів, а по 4 % відводиться на дерево, текстиль, гуму тощо [11; 34; 47; 59; 67]. Кількість комунальних відходів в Україні зростає, а їхній склад, особливо у великих містах, наближається до складу ТПВ у західних країнах з частиною паперових відходів і пластику.

Нині в Україні в сфері поводження з ТПВ застосовують захоронення на сміттєзвалищах, і лише в м. Києві, м. Харкові та м. Дніпропетровську - сміттєспалювання, якому підлягає близько 2,5 % всіх утворених в країні ТПВ [59; 67]. Сміттєзвалища розташовані як правило на відстані 10-20 км від міст. У зв'язку з тим, що території смітників в останні роки все більше віддаляються від міст, витрати на транспортування зростають і становлять до 75% від загальних витрат на санітарне очищення міст [60; 84]. Водночас Україна має досвід використання сміттєперевантажувальних станцій, що забезпечують певну раціоналізацію перевезень; для збирання з місць утворення та вивезення ТПВ задіяно понад 5 тис. сміттєвозів, близько 1 тис. підприємств різних форм власності та понад 20 тис. працездатного населення країни [89].

Останнім часом в нашій країні починає розвиватися процес утилізації ТПВ, при якому необхідне сортування компонентів ТПВ або на стадії збирання, або на спеціальних сміттєперевантажувальних станціях. Утилізація дозволяє використовувати частину ТПВ в якості вторинної сировини для виробництва [58]. Чим більша частка утилізованих відходів, тим більший соціально-економічний ефект,

У наш час існують такі шляхи корисного використання (утилізації) вторинної сировини: спалювання для отримання енергії; теплове розкладання (піроліз, деструкція, розкладання до вихідних мономерів тощо); повторне використання (рециклінг); вторинна переробка.

Досвід експлуатації сміттєспалювальних заводів фірми «ЧКД-Дукла» в Києві, Харкові, Дніпропетровську (проектна потужність одного котла - 15 т/год), виявили багато недоліків: порівняно з проектною фактична потужність на рівні 60-70 % теплової енергії не використовувалася ефективно, заводи не

мали досконалого блоку газоочищення [43; 82; 84], Внаслідок недотримання технологічного режиму спалювання в атмосферу потрапляли токсичні речовини. Зола сміттєспалювального заводу – токсична речовиною першого класу небезпеки, яка потребує спеціальних методів знешкодження Вартість термічного знешкодження на заводах України становить понад 50 грн. за 1 т ТПВ. У зв'язку з цим в Україні сміттєспалювальні заводи залишилися тільки в містах Києві, Харькові та Дніпропетровську [17; 19; 24; 44-45].

Технологія роздільного збирання в Україні на сучасному етапі практично не застосовується, хоча й передбачена нормативними актами та Національною стратегією поводження з ТПВ. Досвід ручного сортування в країнах СНД змішаних ТПВ від житлового сектору, які пройшли через сміттєпровід, контейнер та сміттєвоз, негативний. Такі ТПВ не піддаються ручному сортуванню.

В Україні було проведено низку експериментів з упровадження роздільного збирання відходів у місцях їх утворення (переважно в житловому секторі). Отримані результати цих експериментів дуже різняться, однак прослідковується чітка закономірність:

1. Населення готове сортувати відходи в разі системного підходу й правильної інформаційно-просвітницької роботи.

2. Ефективність роботи сміттєсортувального комплексу напряму залежить від якості вхідної сировини [18; 50; 52; 57],

При створенні сміттєсортувального комплексу не існує обмежень щодо кількості населення, тому що ці комплекси мають різну потужність. Однак для ефективної роботи потрібно врахувати досвід проведених в Україні експериментів.



## **1.2 Аналіз існуючої схеми поводження та управління твердими побутовими відходами(ТПВ) у м. Вінниця**

У житловому секторі міста Вінниці застосовується планово-регулярна система збору ТПВ: відходи збираються у металеві контейнери, значна кількість з яких – не мають кришок. Контейнери розмішені на спеціальних контейнерних майданчиках у дворах. Негабаритні відходи збираються окремо.

Збір твердих побутових відходів проводиться в металеві контейнери обсягами 0,7 м<sup>3</sup> і 1,1 м<sup>3</sup>. Всього на території міста 350 контейнерних майданчики, на яких розміщується 1450 контейнерів, з яких 1150 - єврозразка.

Вивіз твердих побутових відходів від житлового сектора проводиться за графіком у дві зміни. Близько 75% відходів, які утворюються на території багатоповерхової забудови, вивозиться у нічний час. Відходи з приватного сектору міста вивозяться протягом дня.

Власниками контейнерів для збирання ТПВ являються організації, які здійснюють перевезення ТПВ. На даний час в існуючому секторі поводження з побутовими відходами задіяні наступні перевізники: КУП «ЕкоВін», ТОВ «АТП 0128», ПП Кулик В.В., «Явір плюс» та ін. Найбільшим підприємством у сфері поводження з відходами у м. Вінниця є комунальне підприємство «ЕкоВін» діяльність якого спрямована на організацію найбільш якісної системи поводження з побутовими відходами.

Транспортування (перевезення) побутових відходів здійснюється спеціально обладнаними для цього транспортними засобами.

На території міста є 195 місць розміщення контейнерів об'ємом 8 м<sup>3</sup> для великогабаритного сміття.

На ділянках приватного житлового сектора збір побутових відходів здійснюється безконтейнерним та контейнерним методом. Безконтейнерний метод застосовується на тих територіях приватної забудови, де обмежена можливість проїзду сміттевоза, його маневрування.

Контейнерний метод полягає у зборі відходів домоволодінь у малі контейнери (120 л, 240 л), які вивозяться мешканцями в установлений час до місця руху сміттєвоза.

Збір відходів здійснюється кожним будинковолодінням в окремий контейнер ємкістю 120-240л, який закуплено містом та передано у користування. Відходи вивозяться спецавтомобілями за графіком у вихідні дні.

Весь обсяг утворених побутових відходів у м. Вінниця захоронюється на полігоні побутових відходів. Міський полігон побутових відходів, розташований за межами с. Стадниця Вінницького району Вінницької області, експлуатується з 1982 року. На сьогоднішній день тіло полігону має площу 16 га. За орієнтовними даними протягом цього періоду складовано понад 13 млн. м<sup>3</sup> відходів, дві третини з яких не ущільнена. Щоденно на полігон завозиться близько 1600 м<sup>3</sup> відходів. З жовтня 2005 року балансоутримувачем міського полігону побутових відходів є комунальне унітарне підприємство «ЕкоВін».

Зараз тіло полігона - це кар'єр зі сміттям глибиною від 15 до 18 м, дно якого має природну гідроізоляцію - шар глини глибиною 10 м [40; 70]. Звалище розділено на 6 карт, по периметру яких знаходяться дренажні канали для збору фільтрату до відстійників (2 шт). Окремих майданчиків для розміщення різних видів відходів не зроблено. Пошарове складування відходів здійснюється частково, за наявності будівельних відходів і дорожнього змету. Дезбар'єри для запобігання виносу забруднювачів транспортними засобами за територію звалища відсутні.

Накопичення побутових відходів значною мірою залежить від погодних умов, сезону року, ступеня благоустрою жилих будинків, рівня життя населення тощо. Густина ТПВ складає 190-230 кг/м<sup>3</sup>. Звалище експлуатується без дотримання необхідної технології, відсутня пошарова ізоляція заповнених карт.

Полігон обладнано системою контролю щодо в'їзду та виїзду автомобілів на полігон. Середня частота заїздів автомобілів на звалище складає 2-3 рази

на день. Щільність сполучення 11 авто./ годину;

Полігон має такі механізми та обладнанням, як чотири бульдозери, навантажувач колісний фронтальний, ущільнювач сміття (компактор).

На території полігону здійснюється контроль за впливом на навколишнє природне середовище: досліджуються та беруться проби ґрунтів, води, повітря. Проводиться постійна технологічна пересилка ґрунтом тіла полігону, здійснюється дератизація, дезинсекція та дезінфекція території полігону, проводиться відкачка фільтрату, проводиться видалення полігонного газу з тіла полігону.

З метою зменшення шкідливого впливу полігону на атмосферне повітря було запроваджено технології збору біогазу на полігоні. На сьогоднішній день пробурено та облаштовано 12 свердловин по відбору газу, прокладено колектори по відкачці газу загальною довжиною близько 1,3 км та встановлено газозбірну станцію зі станцією по збору конденсату. Відкачка газу становить близько 320 м<sup>3</sup> на годину.

На даний час у рамках виконання програми Кіотського протоколу встановлено факельну установку по спалюванню полігонного газу. Факельна установка слугує для згорання газу, який містить метан, при температурі 1000<sup>0</sup> С. Високотемпературний факел оснащений всім необхідним для автоматичної роботи обладнання. При спалюванні в факелі відбувається зменшення викиду парникових газів в атмосферу з перерахунку на вуглекислий газ в межах 21 разу [53].

З екологічного погляду даний проект має чимало переваг:

1. Шкідливий газ метан у результаті спалювання переходить у вуглекислий газ. Це сприяє поліпшенню клімату.

2. Зменшення ризику самозагорання ТПВ. Завдяки спалюванню метану на полігоні зменшується розповсюдження задимленості та чадних газів в населених пунктах, наближених до полігону.

3. Отруйні супутні гази на полігоні, спалюються у високотемпературному факелі. Це позитивно впливає на стан довкілля.

Також на території полігону встановлено генератор з утилізації газу та вироблення електроенергії, потужністю 300-600 кВт/год. Встановлення генератора дозволило зменшувати викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря і отримувати електроенергію для потреб міста.

На жаль, екологічність полігону вимагає приділенню більшої уваги. На полігоні виконують такі основні роботи: вивантаження, складування, ущільнення та ізоляцію відходів. Виконання вище перерахованих видів робіт зумовлює виникнення пилу на поверхні полігона, який впливає на стан атмосферного повітря. Викиди пилу відбуваються під час руху автомобілів по поверхні полігона внаслідок взаємодії коліс з полотном дороги; при вивантаженні відходів з кузова автомобіля на робочу карту; під час переміщенні відходів бульдозером тощо. Джерело викидів - працюючі двигуни автотранспортних засобів. Щорічне споживання дизельного палива технікою полігона становить близько 20 т.

З експлуатацією полігона пов'язано 6 джерел викидів забруднюючих речовин у повітряний простір при максимальній кількості працюючих на його території машин і механізмів: дихальні клапани резервуарів зберігання дизельного палива; димар опалювальної печі, що працює на деревині; пиловидалення під час проїзду автомобілів територію полігона; викиди працюючих двигунів транспорту при запуску та прогріванні, маневруванні на території полігона; викиди пилу під час вивантаження (вантаження) твердих відходів; викиди пилу в процесі формування поверхні полігона й статичному зберіганні відходів.

У технологічному процесі не передбачені залпові й аварійні викиди в атмосферу. На вибухах і самозагоряннях відходів на території полігона не наголошено. У спекотні місяці для зменшення пилеутворення здійснюється поливання майданчика полігона водою з металевої протипожежної ємності (500 м<sup>3</sup>) за допомогою шланга [70].

Господарча зона полігона захищена щитами, виготовленими з металевої сітки. Вони призначені для затримки можливого віднесення легких фракцій

відходів (листя, папір, плівка тощо).

Вплив полігона на геологічне середовище ділянки виражений у фізико-хімічному перетворенні водовмісних порід під впливом інфільтруючих крізь товщу відходів, хімічно агресивних вод.

Основний водний об'єкт району - р. Південний Буг, що протікає на відстані 1500 м на захід від межі земельного відведення полігона і 350 м від ділянки складування будівельних відходів IV класу небезпеки. Долина річки в районі полігона асиметрична, правий її борт високий (на 50 м вищий від заплави), крутий (ухил становить 0,24-0,3, кут нахилу - 15-17), лівий - пологий (ухил рівний 0,1).

Заплава річки двостороння, місцями заболочена, має відмітки 108-100 м. Відмітки урізання води змінюються в межах описуваної території від 99 до 100, 4 м, ухил водної поверхні становить 0,0011, швидкість перебігу річки - 0,3 м/с [44; 47].

Сучасні геологічні процеси - підтоплення (у межах заплави), яроутворення (на правому борту долини), площинний змив (повсюдно, за винятком заплави) і вітрова ерозія (правий борт долини річки, борти ярів, промоїн).

Річка не впливає на полігон, оскільки останній знаходиться значно вище за рельєфом. Полігон також не впливає на рівневий і гідрохімічний режим річки, тому не має стоків і скидів води зі своєї території, і, крім того, не має безпосереднього виходу в долину річки. Вплив полігона на поверхневі водоймища й водотоки може здійснюватися опосередковано, шляхом зміни складу їхніх вод забрудненими підземними водами, які мігрують з вододільної площі й виходять на поверхню.

Аналіз свідчить, що прямого впливу полігона на склад води р. Південний Буг не відчувається: вода річки, нижча за місце впадання в неї струмка, зберігає або зменшує рівень забруднення, зафіксований вище за течією. Спеціалісти Басейнового управління річки Південний Буг стверджують закономірне поступове зниження рівня забруднення води р. Південний Буг при виході їх з території річки. Високий рівень забруднення вод пов'язаний з господарсько-

побутовою діяльністю населення м. Вінниця [30].

Розповсюдження підземних вод території визначається геолого - структурними умовами. Вони наявні у всіх відкладеннях і утворюють ряд водоносних горизонтів, які знаходяться в складному гідравлічному зв'язку між собою із поверхневими водами. Живлення горизонтів відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і паводкових вод. Область живлення збігається з областю розповсюдження. Горизонти незахищені від хімічного та мікробного забруднення внаслідок малої потужності зони аерації, відсутності водонепроникних відкладень у кривлі й тісного гідравлічного зв'язку з поверхневими водами. Зони підвищеної тріщинуватості також сприяють водообміну між ізольованими горизонтами та забезпечують міграцію забруднених вод.

Водоносні горизонти використовуються для господарсько-питного водопостачання за допомогою індивідуальних, механізованих колодязів і одиночних свердловин. Загальний напрям руху підземних вод - до р. Південний Буг. Між алювіальним і карбоновим горизонтом існує прямий гідравлічний зв'язок. Міграція підземних вод з району звалища і полігона можлива в таких напрямках: на південь і південний схід до р. Південний Буг - на північний-схід і схід. Грунтові води в заплавах залягають на глибині 0,5-1,0 м [29].

Підземні води в районі полігона використовуються місцевим населенням за допомогою одиночних свердловин і колодязів на дачних ділянках. Нагляду за режимом підземних вод не ведеться. З локальної мережі наглядових свердловин (4 од.), створеної в 1999 році, збереглося тільки дві, і ті знаходяться в незадовільному стані.

Ґрунти району розміщення полігона є акумуляторами техногенних викидів, як з боку промислових підприємств р. Південний Буг, так і полігона. Накопичення таких металів як плюмбум, срібло, хром, молібден в ґрунтах відбувається на глибині до 50 см. Метали, що концентруються в ґрунтах, поволі віддаляються при вилуговуванні атмосферними опадами, споживанні рослинами, під впливом ерозії і дефляції [29].

Таким чином, в межах СЗЗ полігона встановлюється допустимий, помірно-небезпечний і небезпечний ступінь забруднення ґрунтів. Вплив полігона на ґрунти локальний і не виходить за межі СЗЗ діючого полігона. Ареол забруднення небезпечного і помірно-небезпечного рівня на північному заході території, приурочений до дачного селища, що захопило північно-західну частину старого звалища, не пов'язаний з діяльністю полігона [30].

Джерело забруднення рослинності в межах СЗЗ - територія діючого полігона відходів. При цьому основне забруднення локалізується в межах полігона. У районі розміщення Вінницького полігона, де розташовані близько дачні ділянки й житловий сектор с. Мала Стадниця (0,4 км), дикі тварини мало помітні.

Таким чином, очевидно, що міське звалище ТПВ є джерелом забруднення оточуючого середовища токсичними елементами, які не можуть бути включеними до природних циклів кругообігу речовин. Звичайно, при тій кількості відходів, що утворюється, захоронення ще досить довго буде одним з негативних заходів поводження з відходами.

Однак небезпечний вплив на агроєкосистеми та людський організм можна зменшити, впровадивши чітке законодавчо обґрунтоване регулювання діяльності організацій, що обслуговують полігон, прийняття управлінських рішень, та облаштування полігону сучасними інженерними спорудами, що унеможливають антропогенне забруднення агроєкоєистем. Чимало кроків по укомплектації полігону вже зроблено. Але без вирішення питання про рекультивацію полігону в сучасних умовах не обійтись.

З вищевказаного можемо зробити висновок, що система збирання, транспортування ТПВ у місті Вінниця задовольняє всі нормативно – правові акти у сфері поводження з ТПВ та чимало норм Кіотського протоколу, що позитивно впливає на екологічну ситуацію міста. Проте, система утилізації ТПВ є застарілою. Полігон є елементом значного антропогенного навантаження на довкілля. Не зважаючи на значні кроки по екологічності полігону, полігон

перевантажений і не може далі використовуватись. Тому виникло рішення удосконалити саме процес утилізації ТПВ у м. Вінниця.

### **1.3 Проблеми і перешкоди поводження ТПВ**

У результаті вивчення теми виявлено наступні проблемні питання у сфері поводження з побутовими відходами у м. Вінниця є:

#### **1. Застарілий спосіб утилізації відходів – захоронення.**

Захоронення ТПВ призводить до надмірно швидкого переповнювання полігону через великий об'єм і малу густину розміщуваних відходів. Без попереднього ущільнення середня густина ТПВ складає 200-220 кг/м<sup>3</sup>, яка досягає всього лише 450- 500 кг/м<sup>3</sup> після ущільнення з використанням сміттєвозів. На полігоні в с. Стадниця лише третина ( 5,3 млн. т) ТПВ ущільнено.

Захоронення дає негативні чинники для навколишнього середовища: зараження підземних вод, виділення неприємного запаху, розкидання відходів вітром, мимовільне загоряння полігонів, безконтрольне утворення метану і неестетичний вигляд.

Для захоронення ТПВ спостерігається відсутність площ, придатних для розміщення полігону на зручній відстані від міста. Полігон міста Вінниця знаходиться на відстані 27 км від міста, що призводить до великих витрат при транспортуванні відходів. Подальше розширення міста витіснить полігон.

2. Перевантаженість діючого полігону побутових відходів та негативний вплив його на навколишнє природне середовище. Справа в тому, що діючий полігон у с. Стадниця вичерпав свій потенціал.

3. Соціальна напруга серед мешканців навколишніх сіл щодо використання полігону побутових відходів поблизу с. Стадниця. Річ у тім, що земля на якій розташований полігон знаходиться у власності селищних, а не міської рад.



4. Висока вартість впровадження новітніх технологій у сфері поводження з побутовими відходами. Впроваджені методи мають великий термін окупності, що вкрай не рентабельно для міста.

5. Недостатнє охоплення контейнерним методом збору побутових відходів приватного сектора міста. У приватному секторі використовується система збору «по узбіччю», що не завжди естетично виглядає і не є зручним для жителів.

6. Збір коштів з мешканців приватної забудови за надані послуги знаходиться не на належному рівні. Іноді мешканці взагалі відмовляються від надання послуг, мотивуючи це відсутністю утворення ТПВ на їх території. Як наслідок – утворення несанкціонованих звалищ.

7. Невідповідність контейнерів. Аналіз сучасної практики застосування контейнерів для збирання ТПВ у розвинених країнах засвідчив, що більшість виробляють переважно з пластичних мас, замість листової сталі, яка застосовувалася раніше [13-14]. Це дозволяє зменшити масу контейнера, знижує прилипання компонентів ТПВ до їхніх стінок і дна, полегшує їх миття й очищення від забруднень. При високій культурі експлуатації контейнерів випадки загоряння в них ТПВ рідкісні. У місті Вінниця продовжують застосовувати контейнери з листової сталі, тому що вони менш схильні до руйнування при займанні в них ТПВ, Більш тривалий ресурс використання сталевих контейнерів, порівняно з пластмасовими, незважаючи на значну різницю у вартості, сприяє їх кращому в практичному використанні не тільки в місті Вінниці, але й загалом в населених пунктах України.

Сьогодні необхідною умовою є модернізація контейнерів, як з листової сталі, так і пластмасових у вигляді кришки, оскільки додаткове зволоження відходів атмосферними опадами (внаслідок відсутності кришок) і надлишкове ущільнення сміття в контейнерах призводять до частих поломок маніпуляторів і виходу машин з ладу.

## Висновки до розділу 1:

Отже, було проаналізовано останні дослідження у галузі поводження з ТПВ та розглянуто модель поводження з ТПВ у місті Вінниця та виявлено її основні недоліки.

При аналізі науково – технічної літератури та нормативно – правових актів було виявлено основні закономірності у системі управління та поводження з ТПВ в Україні та світі. Зокрема було виявлено, що :

1. Не достатньо приділена увага рециклінгу та переробці ТПВ. Сьогодні у містах України використовується система захоронення сміття, що є енергетично та екологічно неефективною. Тому є потреба в удосконаленні організаційних аспектів поводження з ТПВ міста.

2. Для переробки ТПВ обов'язковою умовою є сортування сміття. У нашій країні процес сортування сміття досить рідке явище. Сортують відходи вручну. Проаналізувавши кількість відходів великого міста бачимо чітку картину : сортування відходів вручну є економічно неефективним, занадто дорогим. Запровадження процесу автоматизації дасть змогу скоротити витрати на сортування утричі. Крім того, при ручному сортуванні сміття на працівника впливає низька шкідливих речовин з перевищеними ГДК на робочому місці. При автоматизованому способі – негативний вплив на робітників мінімальний.

3. Недостатньо приділена увага технічній стороні переробки та сортування сміття. При проведенні патентного пошуку виявлено лише 3 сортувальні установки, 2 патенти на удосконалені контейнери збирання сміття. Тому є необхідність в подальшому дослідженні технічної сторони питання.

4. Було проаналізовано основні методи поводження з ТПВ – методи ліквідаційні та утилізаційні; біологічні, термічні, хімічні, механічні, змішані тощо. Досліджено негативні сторони сміттєспалювальних заводів і відкинуто цей варіант, як економічно-екологічно-організаційно неповноцінний.

5. Розглянуто порівняльний аналіз технологічної різноманітності систем поводження з ТПВ. Найбільш розповсюдженим методом знешкодження ТПВ у

світовій практиці є їх захоронення на полігонах ТПВ. Менш поширені - спалювання, утилізація та компостування ТПВ. Найперспективнішими технологічними варіантами знешкодження ТПВ на сьогоднішній день можна вважати: а) захоронення на полігонах з дотриманням екологічних нормативів; б) комплексну переробку із застосуванням попереднього сортування й обробки залишків; в) утилізацію ресурсоцінних фракцій.

6. Проаналізовано законодавчу базу, яка регулює поводження з твердими побутовими відходами в Україні, та діяльність органів влади в цій сфері. Зроблено висновок, що в Україні відсутня чітка організаційна структура управління відходами, не існує належного контролю за дотриманням законодавчих норм. Передбачається, що процес імплементації українського законодавства у сфері поводження з відходами до законодавства ЄС частково вирішить проблеми поводження з відходами в Україні.

Встановлено, що нинішня система поводження з ТПВ в Україні, особливо в м. Вінниця, не відповідає сучасним вимогам і потребує вдосконалення. Аналіз використання вторинних ресурсів в Україні, здійснений за допомогою дослідження зразків, свідчить про наявність тенденції до зростання рівня використання макулатури, пластмаси, склобою та брухту, а також можливостей підвищення показників використання вторинних ресурсів через залучення до утилізації значних обсягів ТПВ. При аналізі моделі управління та поводження з ТПВ у місті Вінниця було виявлено низька чинників, які гальмують розвиток міста. Серед них можна виділити: - Застарілу систему утилізації відходів – захоронення. Дана система шкідлива для екології. Полігон сприяє соціальному напруженню жителів населених пунктів біля нього. Також полігон не дає економічної вигоди, як у порівнянні з іншими методами утилізації; - Не можливість впровадження нових методів утилізації ТПВ через великий термін окупності, який не відповідає нормативному терміну для даної категорії заходів і споруд; - Невідповідна сучасним уявленням система збирання ТПВ у листові контейнери без кришки, що спричинює шкідливі викиди (як неприємний запах) вже на початковому етапі поводження з відходами.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК НАКОПИЧЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Для міста Вінниця норми накопичення відходів були сформовані на базі норм накопичення твердого побутового сміття для населених пунктів України (КТМ 204 України 012-95) без проведення спеціальних натурних замірів фактичних обсягів накопичення твердих побутових відходів на об'єктах їх утворення. За час дії цього рішення змінився морфологічний склад відходів, в основному за рахунок пластикових пляшок, тари; змінилась система збирання відходів за рахунок скорочення безконтейнерного методу збору ТПВ; розширився перелік об'єктів утворення ТПВ [70].

У бакалаврській роботі розрахунок норм накопичення та утворення проводилось за методикою [36], яка передбачала встановлення фактичних обсягів накопичення ТПВ на об'єктах їх утворення (житлових багатоквартирних та індивідуальних будинках; організаціях, установах, підприємствах невиробничої сфери, соціально-побутового призначення).

Розрахунок накопичення ТПВ було здійснено за один рік відповідно до питомих норм їхнього накопичення на одного мешканця за упрощеною методикою з урахуванням коефіцієнтів сезонності. Їх розраховували від трьох джерел утворення: упорядковані будинки – повна або часткова наявність центрального опалення, газу, водопроводу, каналізації, з сміттєпроводом або без нього; неупорядковані будинки – без водопроводу, каналізації, з місцевим опаленням і готуванням їжі на плитах, що опалюються газом, дровами або вугіллям; будинки приватного сектору з присадибною ділянкою - з газовим опаленням або на твердому паливі. У результаті було встановлено норми утворення ТПВ, тобто, кількість твердих побутових відходів, які утворюються на одну розрахункову одиницю (одного мешканця для житлового фонду; одне місце в готелі, дитсадку, гуртожитку та ін.; одного учня навчального закладу; 1м<sup>2</sup> торгівельної та складської площі; 1м<sup>2</sup> площі вокзалів, автостоянок, території

пляжів та ін.; одне відвідування для поліклінік тощо) за одиницю часу (добу, рік).

Норми утворення ТПВ визначаються для житлових будинків та об'єктів невиробничої сфери (у відповідності з переліком ДБН 360-92 "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень").

## 2.1 Розрахунок накопичення ТПВ садибної та висотної забудови

Відповідно до норм утворення твердих побутових відходів, від кожного мешканця міста Вінниця в середньому накопичується в рік 1,44 м<sup>3</sup> ( 0,324 т) твердих побутових відходів.

Таблиця 2.1 – Обсяги утворення ТПВ в Україні та Вінницькій області

Назва регіону (області)	Фактичне накопичення ТПВ	
	м <sup>3</sup> /рік на людину	т/рік на людину
Вінницька	1,44	0.324
Усього по Україні	1,3	0,3

Основні показники накопичення ТПВ в житловій забудові наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахункові дані щодо накопичення ТПВ в житловій забудові м. Вінниця

Об'єкт	Норма утворення твердих побутових відходів на одного мешканця			
	середньодобова		середньорічна	
	кг	м <sup>3</sup>	кг	тис. м <sup>3</sup>
Упорядковані будинки	0,77	3,56	281,00	1,30
Неупорядковані будинки:				
– з газовим опаленням	0,96	3,84	350,40	1,40
– з опаленням на тв.паливі	1,15	3,86	420,00	1,41

Продовження табл. 2.2

Будинки приватного сектора з присадибною ділянкою				
– з газовим опаленням	1,26	3,84	460	1,40
– з опаленням на твердому паливі	1,59	4,14	580	1,51
Всього ТПВ на 372,1 тис. осіб,			45,3 тис.т	2013,3 тис. м <sup>3</sup>

При розрахунку норми утворення ТПВ для багатоквартирних житлових будинків згідно приведеної нормативної методики враховувались обсяги утворення змету та сміття і рослинних відходів з площі твердих покриттів і зелених насаджень на прибудинковій території (закріпленій за двірниками).

Норма утворення великогабаритних відходів (ВГВ) в житловому секторі прийнята в 10 % від норми утворення ТПВ (в розрахунку на 1 мешканця, яка додається до норми утворення ТПВ у табл. 2.3).

## 2.2 Розрахунок накопичення ТПВ адміністративних будівель

Основні показники накопичення ТПВ в адміністративних організаціях і установах представлено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Річне накопичення побутових відходів в організаціях

№№ п/п	Об'єкт	Розрахункова одиниця	Норми утворення на одну розрахункову одиницю			
			Середньодобова		Середньорічна	
			кг	м <sup>3</sup>	кг	тис.м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7
1.	<b>Готелі</b>	Місце	0,5	2,74	182,00	1,00
2.	Гуртожиток	Місце	0,40	1,65	146	0,60

Продовження табл.2.3

3.	Санаторій, пансіонат, будинки відпочинку	Місце	0,70	3,84	256,00	1,40
4.	Лікувально- профілактичні установи: –лікарні –поліклініки	місце відвідування	0,65 0,015	2,20 0,06	237,00 4,50	0,80 0,020
5.	Дитяча дошкільна установа	Місце	0,28	1,20	70,00	0,30
6.	<b>Склад</b>	1 м <sup>2</sup> площі	0,10	0,22	25,00	0,055
7.	Адміністративні та громадські установи та організації	робоче місце	0,30	1,30	75,00	0,32
8.	Учбові заклади: –вищий і середній спеціальний –школа –школа-інтернат –профтехучилище	Учень	0,09 0,008 0,50 0,5	0,48 0,40 2,20 2,00	23,00 20,00 125,00 125,00	0,12 0,10 0,55 0,50
9.	Підприємства торгівлі: –промтоварний магазин –продовольчий магазин –ринок	1 м <sup>2</sup> торговельної площі	0,15 0,30 0,31	0,82 1,48 1,10	46,00 91,50 96,00	0,25 0,45 0,40
10.	Видовищні установи	Місце	0,08	0,70	25,00	0,21
11.	Підприємства побутового обслуговування	робоче місце	0,85	3,40	260,00	1,04
12.	Вокзал, аеропорт, автовокзал	м <sup>2</sup> пасажирської площі	0,37	1,60	135,00	0,58
13.	Кемпінг, автостоянка	м <sup>2</sup> площі	0,03	0,11	11,00	0,04
14.	Пляж (курортний сезон)	м <sup>2</sup> території	0,04	0,20		–

Продовження табл.2.3

15.	Підприємства громадського харчування: Ресторан: –з відбором харчових відходів	Місце	1,4	5,00	510,00	1,80
	–без відбору харчових відходів		2,00	6,00	730,00	2,20
	Кафе, їдальня: –з відбором харчових відходів		0,43	2,20	131,00	0,67
	–без відбору харчових відходів		0,50	2,60	152,50	0,79
Всього ТПВ на 372,1 тис. осіб					56,26, тис.т	2500,4 тис. м <sup>3</sup>

Загальна норма накопичення побутових відходів на 1 мешканця міста в рік  $N_{з.р.}$  визначалась з врахуванням всієї наявної в місті номенклатури та всієї кількості об'єктів утворення відходів за залежністю:

$$N_{з.р.} = \frac{\sum(N_i \times n_i)}{m}, \quad (2.1)$$

де  $N_i$  - сумарна диференційована річна норма утворення всіх видів побутових відходів (ТПВ, ВГВ, БВ, СВ, опалого листя та змету із прилеглої території, тощо) для і-го об'єкту утворення відходів на 1 розрахункову одиницю;

$n_i$  - середньорічна кількість розрахункових одиниць і-го об'єкту;

$m$  - загальна кількість мешканців міста.

Для великих міст України з розвинутою соціальною інфраструктурою (яким є і м. Вінниця у відповідності з ДБН 360-92) середня загальна річна норма накопичення побутових відходів на 1 мешканця становить 1,3 диференційованої річної норми утворення побутових відходів на 1 мешканця у житловому секторі [47].



Прогнозну загальну річну норму  $N_{n,p}$  утворення ТПВ на  $n$ -й рік наперед можна визначити за формулою

$$N_{n,p} = N_{з.р.} \times (1 + \alpha_p)^{n-1}, \quad (2.2)$$

де  $\alpha_p$  – коефіцієнт річного приросту загальної річної норми накопичення побутових відходів (для м. Вінниці  $\alpha_p = 0,05$ ).

Сумарний розрахунок накопичення ТПВ в місті Вінниця на 2014 рік представлено у табл 2.4.

Таблиця 2.4 – Сумарне накопичення побутових відходів по місту

Відходи	Річне накопичення побутових відходів	
	тис. т	тис. м <sup>3</sup>
Побутове сміття із житлових будівель	45,3	1386,36
Відходи установ і підприємств обслуговування	56,26	168,849
Відходи промисловості	19	111,041
Всього по місту	Q <sub>заг</sub> = 120,56	

### 2.3 Розрахунок необхідної кількості містилиць для збирання ТПВ

Кількість незмінних контейнерів визначають за формулою (2.3) [70]:

$$n_{нз} = \frac{Q_{дmax} t k_1}{c k_3}, \quad (2.3)$$

де  $Q_{дmax}$  – максимальне добове накопичення побутових відходів, м<sup>3</sup>,

$$Q_{дmax} = \frac{Q_{рiч}}{365}, \quad (2.4)$$

$Q_{рiч}$  – річне накопичення побутових відходів, м<sup>3</sup>;

$t$  – період вивезення відходів, доба;

$k_1$  – коефіцієнт ремонтного резерву збірників, приймають 1,05;

$k_3$  – коефіцієнт заповнення збірників, приймають 0,9;

$c$  – місткість одного збірника, м<sup>3</sup>, для житлових будинків великої поверховості приймають  $c = 0,3$  м<sup>3</sup>, 0,25 м<sup>3</sup>; для інших (за винятком ринків і торговельних центрів)  $c = 0,75$  м<sup>3</sup>, 1,1 м<sup>3</sup>.

Кількість змінних контейнерів на ринках і торговельних центрах розраховують за формулою

$$n_{\text{нз}} = \frac{Q_{\text{дmax}} t k_1 k_2}{c k_3}, \quad (2.5)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт змінності, приймають  $1,35$ ;

$c$  – місткість одного збірника,  $c = 0,75 - 1,1$ ;  $8 - 10 \text{ м}^3$ .

Сміття і відходи вивозять влітку щоденно, взимку через день, тому  $t$  приймають рівним  $1$ .

Кількість незмінних контейнерів-візків місткістю  $0,25 \text{ м}^3$  для житлових будинків великої поверховості:

$$n_{0,25} = \frac{260\,360 \cdot 1,05}{365 \cdot 0,25 \cdot 0,9} = 3329$$

Кількість незмінних контейнерів місткістю  $1,1 \text{ м}^3$  для інших будинків і споруд:

$$n_{1,1} = \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_1 - Q_{\text{ринків}}) \cdot 1 \cdot 1,05}{365 \cdot 1,1 \cdot 0,9} = \frac{(665251,93 - 260360 - 6400) \cdot 1,05}{365 \cdot 1,1 \cdot 0,9} = 1161$$

Кількість змінних контейнерів на ринках місткістю  $1,1 \text{ м}^3$ :

$$n_{1,1} = \frac{6400 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,35}{365 \cdot 1,1 \cdot 0,9} = 25$$

Таблиця 2.5 – Кількість сміттєзбірників для збирання ТПВ

Назва сміттєзбірників	Місткість, $\text{м}^3$	Середньодобове накопичення відходів, $\text{м}^3/\text{добу}$	Необхідна кількість, од.
Візки	0,25	1091	3329
Незмінні контейнери	1,1	713,32	1161
Змінні контейнери	1,1	17,53	25

## 2.4 Транспортування побутових відходів

Для транспортування ТПВ у місті Вінниця застосовується одно етапна система транспортування. Одноетапна система передбачає прямий вивіз ТПВ з місць утворення до об'єктів з їх переробки, знешкодження і розміщення, у нашому випадку до полігону біля с. Стадниця.

У Вінниці доставка ТПВ здійснюється сміттевозами малої та середньої вантажопідйомності безпосередньо до місць їх переробки, знищення або розміщення на полігонах. Кількість машин для перевезення ТПВ визначалась за унітарною системою, відповідно до об'єму ТПВ, що перевозяться, періодичності перевезення й продуктивності транспортного засобу.

Під час визначення необхідної кількості автотранспортних одиниць для перевезення ТПВ було ураховано: дані про фактичний розвиток житлового фонду й підприємств невиробничої сфери, технічну готовність автотранспорту, відстань до об'єктів поводження з ТПВ та інші місцеві умови конкретного населеного пункту.

Основними сміттевозами, які використовуються у місті Вінниця є КО-455 з об'ємом кузова 25 м<sup>3</sup>, КО-445 – 34 м<sup>3</sup>, КО-425 – 12,5 м<sup>3</sup>. Всього експлуатується 22 автомобілі [70].

Мінусами одноетапної системи транспортування є скупчення сміттевозів через обмежений масштаб приймання ТПВ на робочих картах. Поганими є й умови пересування сміттевозів маршрутами. При одноетапній системі транспортування ТПВ необхідно споруджувати тимчасові дороги на полігонах, що спричиняє додаткові витрати. Але найголовніше це не вигідно з економічної точки зору. Річ у тім, що при транспортування на 27 км від міста витрачається велика кількість палива, що в умовах паливно – енергетичної кризи є недопустимим. Подальше подорожчання цін на паливо спричинить нераціональне подорожчання тарифу на утилізацію сміття, що в подальшому може викликати спротив населення на оплату послуг. Крім того, така схема транспортування вимагає закупки великої кількості сміттевозів для охоплення

послугою вивезення ТПВ всіх районів міста. У містобудівному відношенні велика кількість спецтранспорту спричиняє перевантаження транспортної мережі міста. З екологічної сторони спостерігається велика емісія забруднюючих речовин в атмосферне повітря через використання більшої кількості сміттевозів [56].

Вирішення даної проблеми ми вбачаємо в улаштуванні пунктів переробки безпосередньо в межі міста Вінниця. Оскільки, це сприятиме зменшенню витрат палива на доставку до пунктів утилізації сміття; скороченню часу на доставку ТПВ від пунктів збирання до пунктів утилізації; скорочення транспортної техніки збирання ТПВ і як наслідок зменшення штату водії та обслуговуючих робітників на сміттевозах.

Також як альтернатива при збереженні існуючої системи поводження з ТПВ (захоронення) розглядається використання двохетапної системи вивезення. Дана система сприяє скорочення транспортних витрат. Система транспортування передбачає застосуванням сміттеперевантажувальних станцій (СПС) і великовантажних транспортних сміттевозів. Аналіз даних свідчить, що шляхом упровадження двохетапного вивезення можна скоротити транспортні витрати на 30% [72]. Одночасно скорочуються й викиди в атмосферу від сміттезбирального транспорту.

Двохетапна система видалення ТПВ включає такі технологічні процеси: збирання й транспортування сміттевозами ТПВ з місць їхнього утворення та накопичення на СПС; часткове сортування й переробка ТПВ на СПС із вилученням з них елементів для подальшого використання; накопичення й перевантаження ТПВ у великовантажні транспортні сміттевози; транспортування ТПВ на полігони або місця знищення [121; 147; 72].

Двохетапна система із застосуванням СПС більш ефективна в економічному та екологічному відношенні [21; 24; 32; 73]. При виборі сміттевоза ураховуються такі критерії, як місткість кузова, необхідний рівень ущільнення ТПВ залежно від їх вихідної середньої щільності, дальність вивезення ТПВ, розвиненість дорожньої мережі та її пропускна здатність.

З метою найбільш ефективного використання транспортних засобів для перевезення ТПВ і забезпечення своєчасного та якісного виконання завдання, а також приймання оперативних заходів для своєчасного усунення порушень нормальної роботи доцільно забезпечувати оперативне управління роботою транспортних засобів для перевезення ТПВ шляхом впровадження GPS – технологій із відстеженням руху.

## **2.5 Аналітична залежності морфологічного складу ТПВ від рівня благополуччя населення**

Аналіз морфологічного складу та встановлення аналітичної залежності утворення обсягів ТПВ від кількості населення та рівня їх життя в майбутньому дасть змогу контролювати та прогнозувати об'єми відходів з розширенням міста, збільшенням його чисельності та підвищенням рівня благополуччя населення.

Побутові відходи - результат життєдіяльності людини – їх морфологічний склад передбачає особливості збирання, сортування, подальшу схему підготовки й переробки відходів. Тому однією з важливих характеристик відходів є морфологічний склад, який становить співвідношення окремих компонентів, тари, текстилю, металу, пластику, будівельного сміття та відходів, які знаходяться в змішаному стані [33; 73].

На склад ТПВ впливають такі фактори, як кліматична зона, рівень благоустрою житлового фонду (наявність смітєпроводів, газу, водопроводу, каналізації, системи опалення, вид палива в місцевому опаленні), розвиток громадського харчування, роздрібна торгівля і, що не менш важливо, спосіб життя й рівень добробуту населення.

За останніми даними, утворення ТПВ коливається між 0,5 і 1,8 кг на людину в день. Ці показники мають тенденцію до постійного збільшення, що викликано економічним розвитком країн. Існують також періоди, коли виробництво ТПВ

значно зростає. У підсумку вважається, що показник утворення ТПВ на людину в день дорівнює 1 кг. Сезонні зміни складу ТПВ характеризуються збільшенням вмісту харчових відходів з 20-25 % навесні до 40-55 % восени, що пов'язано з великою кількістю овочів і фруктів в раціоні харчування. Узимку й восени скорочується вміст дрібного відсіву (вуличного сміття) з 11 до 5 % у містах середньої зони, до якої належить м. Вінниця. Суттєво впливає на склад ТПВ у місті організація збирання паперу, харчових відходів, склотари, полімерів тощо. Аналіз і висновки деяких авторів показують, що з часу склад ТПВ видозмінюється, збільшується вміст паперу, полімерних матеріалів [23; 33].

Методичні основи визначення морфологічного складу можна знайти в декількох рекомендаціях [36; 27; 12], Проте ці методики за визначенням морфологічного складу ТПВ не можуть бути використані, оскільки не містять конкретних вказівок з практичного виконання досліджень. Тому виникла необхідність проаналізувати всі методики і вибрати практичні аспекти експериментального дослідження, що у свою чергу і призвело до узагальнення та адекватно порівняння результатів дослідження.

Дослідження морфологічного складу ТПВ базувалися на методах порівняльної екології та проводилися шляхом спостереження та відбору зразків.

Для визначення морфологічних властивостей ТПВ на території міста було відібрано 8 зрізків, які були взяті під спостереження. 8 громадян міста з різним рівнем доходу проводили аналіз відходів три дні сезону (в травні). Під час аналізу проб відходів, головним чином, визначалися морфологічні властивості та щільність відходів за загальноприйнятими методами аналізу властивостей твердих побутових відходів [27].

Також одночасно проводились натурні експерименти на місцях первинного накопичення. Відбулося спостереження за 10 майданчиками для збору ТПВ, обслуговуючих в цілому більше 14000 чол. у різних мікрорайонах міста. Натурні обстеження включали огляд щільності заповнення контейнерів, наявності великогабаритних та технологічних відходів інш. Особлива увага

була приділена спостереженню за культурою населення міста у сфері поводження з сміттям, а також частоті очистки контейнерів. Дослідження були проведені у весняний сезон (з 3 травня до 7 травня).

При проведенні досліджень вміст зразків був поділений на наступні компоненти: органічні - до них відносились харчові відходи, опале листя, скошена трава; макулатура - папір та картон, включаючи упаковку; пластмаса - всі полімери високої і низької щільності, тобто пластик, пластмаса, целофан тощо; метал - всі кольорові і чорні метали; текстиль - всі текстильні вироби, включаючи штучні; скло - всі вироби, що складаються повністю з скла; будівельні - відходи після ремонту, знесення житлових будівель, за винятком пластмаси, скло, метал, макулатуру; біологічні - трупи і частини тіл домашніх тварин; небезпечні - відходи, що містять токсичні речовини, такі як ртутні лампи, термометри тощо; гума - гумові вироби; зміт вуличний - відходи, що утворилися при збиранні полотна дороги та публічних місць; дерево - дерев'яні вироби, які втратили свої споживчі властивості.

Дослідження складу ТПВ проводили для жителів багатопверхових житлових будинків, приватного сектора з різним рівнем доходів. По кожному із показників визначали його фактичне значення в зразках та досліджували динаміку їх зміни рівню благоустрою населення з урахуванням сезонних змінах. Результати розрахунку наведені нижче у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Морфологічний склад ТПВ офіційний і вимірний експериментально

Компонент ТПВ, кг/добу	Рівень доходу громадян, які взяли участь у дослідженні, грн/місяць						Мофологічний склад ТПВ		Похибка вимірювання, %
	До 1147	1147 – 1500	1500 – 2000	2000 – 2500	3000 – 3500	5000 – 10000	Згідно дослідження	Офіційний	
Питома вага населення, %	7,6	22,1	16,8	13,6	10,5	8,7			
Харчові відходи	0,0544	0,3	0,352	0,472	0,58	0,698	46,1	45,8	0,65
Деревина	–	–	–	0,027	–	0,0232	14,58	15,1	3,25
Папір	0,163	0,218	0,174	0,143	0,15	0,0912	0,89	0,6	3,44
Тканина	0,011	0,022	0,014	–	0,02	0,0112	0,78	0,9	13,3
Скло	–	–	0,014	0,018	0,12	0,0912	4,0	4,9	18,3

Продовження табл.2.6

Полімерні матеріали, ПЕТ-пляшки	–	0,014	–	–	0,01	–	6,0	26,8	1,45
	0,218	0,072	0,145	0,126	0,1	0,08	21,19		
Шкіра, кістки	0,022	0,014	–	0,018	0,01	0,0112	1,4	1,2	14,2
Метал	0,076	0,014	0,022	0,0448	0,01	0,138	5,06	4,8	5,1

З таблиці 2.6 можемо зробити висновок, що похибка вимірювання становить менше 5%, крім відходів текстилю, шкіри та скла. Велика похибка даних пунктів дослідження викликана наявністю підприємств текстильної та харчової промисловості, що не урахувалось у достатній мірі через недостатню вибірку експерименту. Оскільки похибка вимірювання становить допустиму норму, до подальших розрахунків приймаємо результати дослідження.

Аналіз процесу накопичення ТПВ у місті Вінниця дозволив виявити залежність їхньої структури і об'ємів від основних чинників. Під контроль узято ті чинники, які істотно впливали на вихід ТПВ, а саме соціальну стратифікацію населення. Це пов'язано з курсом політики міста на підвищення добробуту населення. Оскільки зміниться структура населення, збільшиться відсоток середнього класу серед жителів міста, то і зміниться морфологічний склад відходів через різний рівень споживання. Даний показник стосується не лише відходів домогосподарств та багатоквартних будинків, але і закладів обслуговування.

Отже, на об'єм утворення ТПВ у місті впливають такі фактори як кліматичні умови та рівень життя населення.

Оскільки кліматичні умови та розташування міста Вінниця не зміниться з роками, то перший чинник було відкинуто з дослідження.

Насамперед при дослідженні ураховували чисельність населення згідно даних Головного управління статистики у Вінницькій області ( див. табл.2.7 тис. чол.). Враховувалось кількість наявного населення.



Таблиця 2.7 – Чисельність населення і кількість відходів міста Вінниця

Роки	2010	2011	2012	2013
Чисельність населення, тис. чол	369246	370318	371525	372189
Кількість відходів, тис.т	119,02	119,21	119,92	120,56

Для аналізу даних використано метод математичної статистики – метод найменших квадратів. Метою складання апроксимуючої залежності є оцінка закономірностей, які спостерігаються на тлі випадкових коливань, та її використання для подальших розрахунків, зокрема, для прогнозів утворення обсягів ТПВ зі збільшенням населення міста.

При розрахунку було складено параметричну оцінку функції регресії, що описує залежність однієї величини  $Y$ , значення якої ( $y_i$ ) спостерігають з випадковими похибками ( $\theta_i - 0.000335016982854$  та  $124.231406097$ ), від групи невідповідних величин  $X_1, X_2, \dots, X_k$ . Функція регресії - це лінійна функція  $k$  змінних  $x_1, x_2, \dots, x_k$  (населення міста, чол), яка є математичним сподіванням величини  $Y$  (обсяг ТПВ, тис.т) при  $X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_k = x_k$ .

На основі даних (табл. 2.6) об'єму накопичення ТПВ від чисельності населення міста, отримано рівняння (2.6), на основі якого побудовано графік (див. рис.2.1) й отримана апроксимуюча залежність функцій методом найменших квадратів для м. Вінниця ( $R - 0,95$ ):

$$y = 0,00051928x - 72,8833, \quad (2.6)$$

де,  $y$  – кількість ТПВ, тис.т;

$x$  – населення міста, чол.

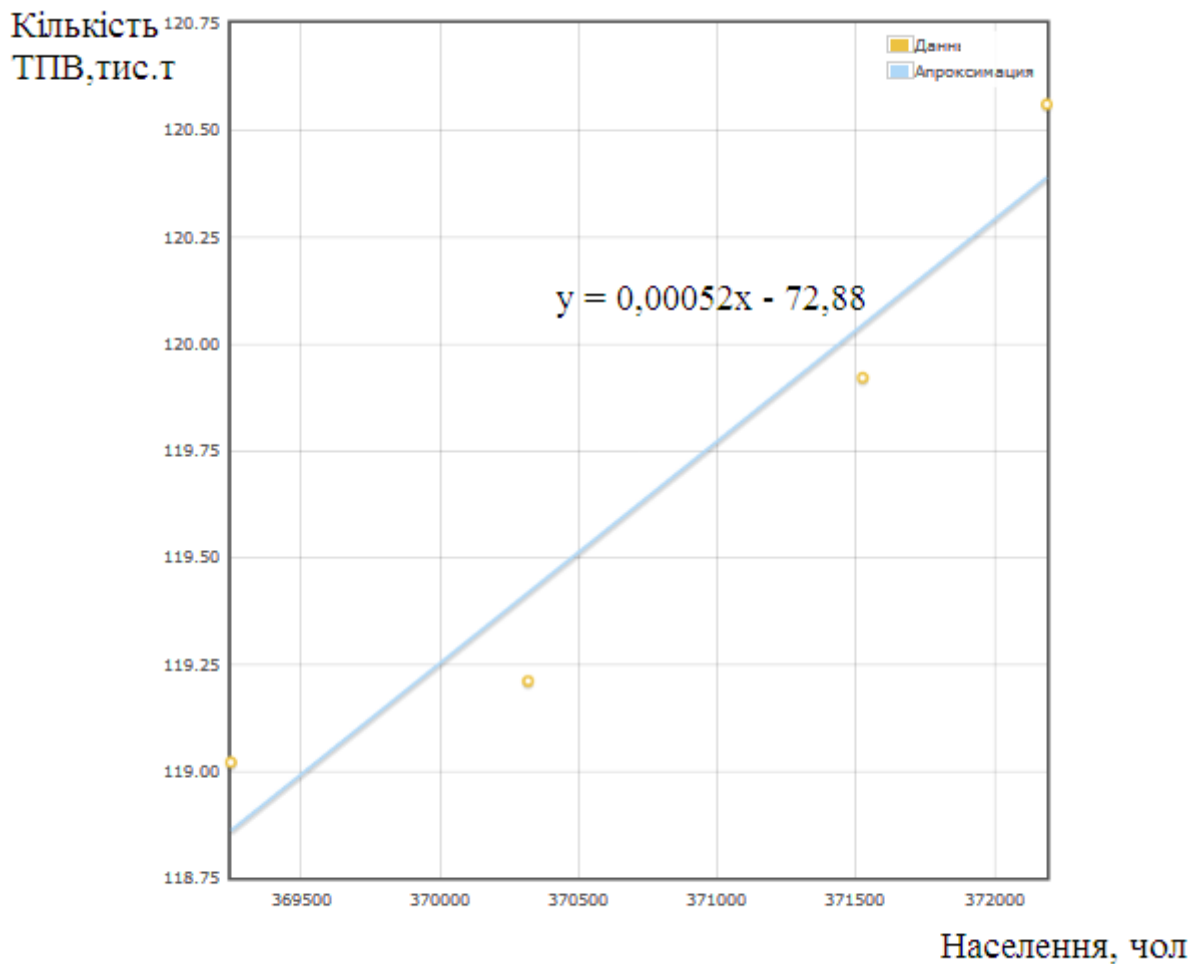


Рис. 2.1 – Математичне моделювання залежності обсягів утворення ТПВ від зростання населення міста Вінниця.

Така апроксимуюча залежність дозволяє отримати прогностичні значення об'ємів накопичення ТПВ від розростання міста.

Тому можна зробити висновок про встановлення прямої залежності: з ростом населення міста Вінниця зростає обсяг ТПВ у лінійній залежності.

Найбільший вплив на утворення обсягу ТПВ міста мають доходи населення.

Тому дослідимо апроксимуючу залежність між кількістю і морфологічним складом ТПВ і доходом громадян.

Згідно даних статистики населення міста Вінниці поділяється на наступні категорії за рівнем доходу ( див. табл.2.8).

Таблиця 2.8 – Кількість ТПВ, утворених громадянами з різним рівнем достатку.

Доходи населення, грн/місяць	До 1147	1147 – 1500	1500 – 2000	2000 – 2500	2500 – 3000	3000 – 3500	3500 – 4000	4000 – 5000	5000 – 10000	Понад 10000
Питома вага населення, %	7,6	22,1	16,8	13,6	10,5	8,7	6,4	7,0	6,3	1,0
Кількість відходів згідно вимірювання зразків, кг/день	0,68	0,905	1,01	1,12	1,184	1,25	1,33	1,38	1,43	1,71
Кількість відходів, враховуючи коефіцієнт сумарної нерівномірності (0,8), кг/день	0,544	0,724	0,808	0,896	0,947	1,0	1,064	1,104	1,144	1,37

На основі даних (табл. 2.7) отримано рівняння (2.7), на основі якого побудовано графік (рис.2.2) й отримана апроксимуюча залежність між доходами громадян та рівнем накопичення ТПВ для м. Вінниця ( $R = 0,95$ ):

$$y = 0,0000455x + 0,743, \quad (2.7)$$

де,  $y$  – кількість ТПВ, які утворюється щодобово, кг;

$x$  – дохід громадян, грн/місяць.

Похибки даного розрахунку методом найменших квадратів становлять 0,0000218732543357 та 0.138522753102.

Отже, згідно рівняння було проаналізовано вплив доходів жителів на питомий обсяг ТПВ через відмінності рівня споживання.

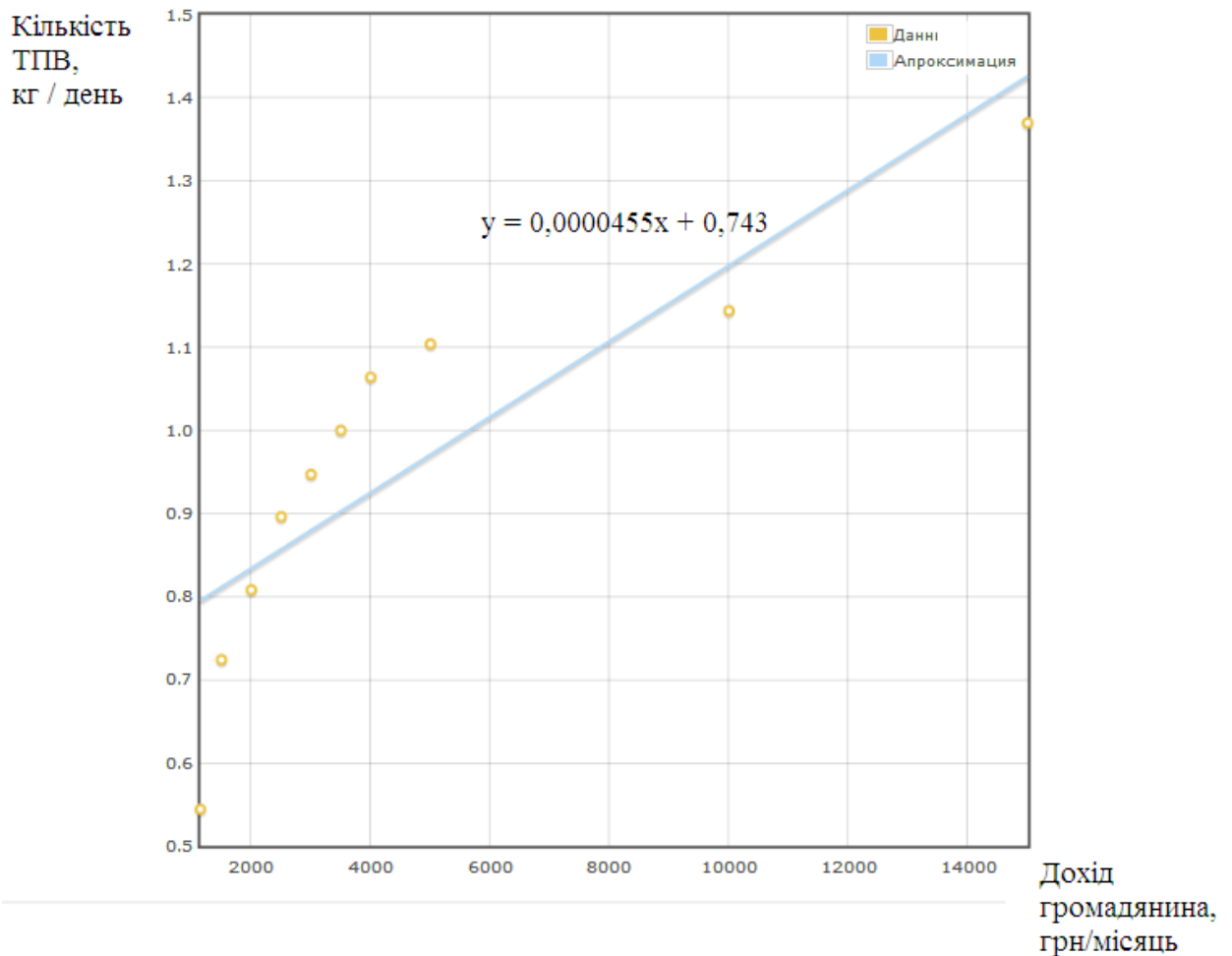


Рис. 2.2 – Математичне моделювання обсягів щоденного утворення ТПВ від доходу громадян

Дані проведеного дослідження морфологічного складу ТПВ ( див. підрозділ 1.5) дають змогу встановити прогнозовані об'єми утворення різних ресурсоцінних морфологічних складових ТПВ.

Залежність проаналізуємо на прикладі найбільш поширеного складового ТПВ – харчових відходів. Була складено лінійне рівняння( див.2.8).

Залежність представлено на графіку (рис. 2.3).

$$y = 0,0000332 x + 0,376, \quad (2.8)$$

де,  $y$  – кількість харчових відходів, які утворюється щодобово, кг;

$x$  – дохід громадян, грн/місяць.

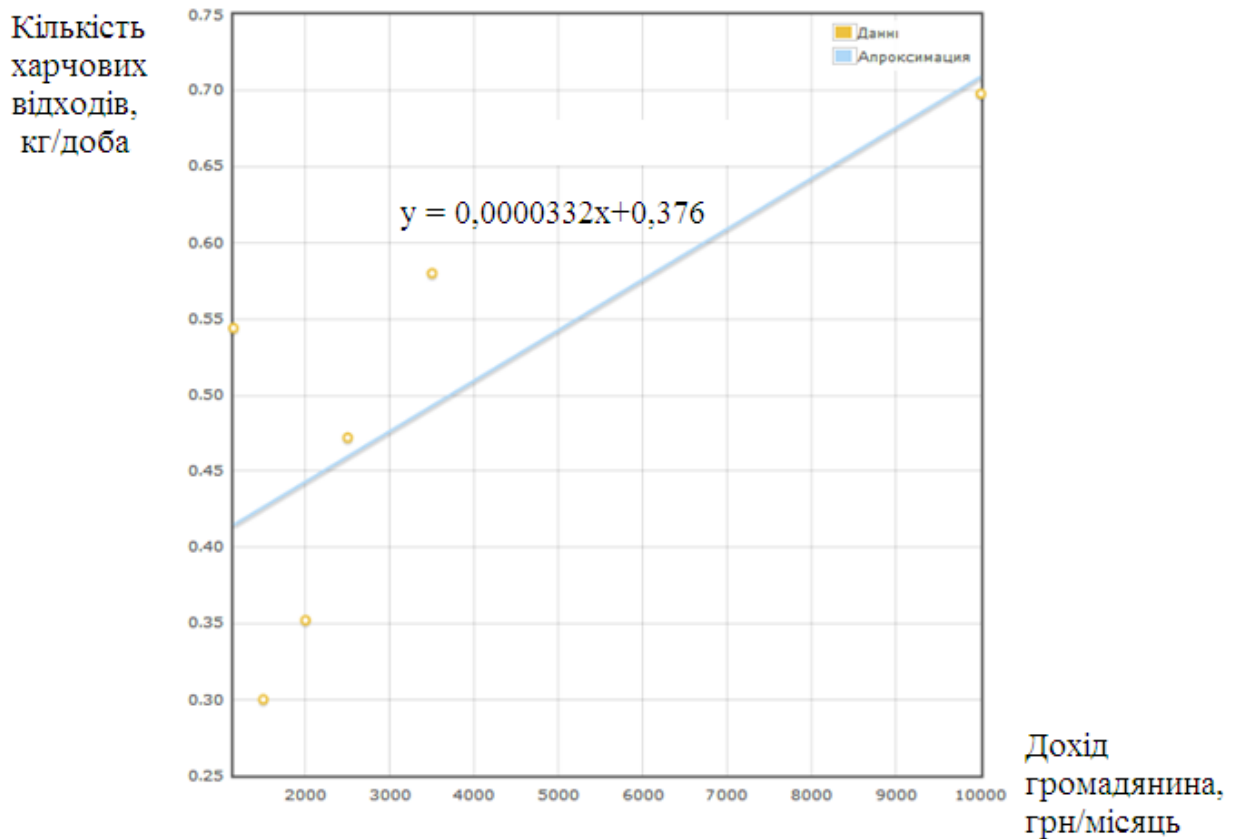


Рис.2.3 – Математичне моделювання обсягів щоденного утворення харчових відходів від доходу громадян

Визначення і прогнозування утворення ресурсоцінних складових ТПВ є вкрай важливим. Оскільки дані компоненти є потенційним енергетичним джерелом, тому вкрай нераціонально, як з економічної, так і з екологічної точок зору, піддавати захороненню ресурсоцінну сировину, придатну для використання. При цьому ТПВ забруднюють навколишнє природне середовище та створюють санітарно-гігієнічну та епідеміологічну небезпеку.

Апроксимуючі залежності для ресурсоцінних відходів у залежності від доходів громадян представлено формулами ( 2.9 – 2.12):

$$\text{Для паперу: } y = -0,00000794 x + 0,1508 \quad (2.9)$$

$$\text{Для полімерних матеріалів: } y = -0,0000022046 x + 0,02659 \quad (2.10)$$

$$\text{Для скла: } y = 0,00001049x + 0,00149 \quad (2.11)$$

$$\text{Для металу: } y = -0,0000033499x + 0,041627, \quad (2.12)$$

де,  $y$  – кількість ресурсоцінного сміття, що утворюється щодобово, кг;  
 $x$  – дохід громадян, грн/місяць.

Дана лінійна залежність слугує для моніторингу утворення ресурсоцінних компонентів ТПВ у залежності від зміни соціальної стратифікації та рівня доходів населення. Прогнозування обсягів утворення ТПВ покращить систему поводження з відходами. Наприклад, при переважанні органічних відходів рекомендується стимулювати розвиток підприємства, що займаються переробкою органіки і утворенням компосту різними дотаціями і пільгами. Навпаки, при скороченні даного виду ресурсоцінного сміття будуть стимулюватись підприємства, які перепрофілюються на більш поширений вид переробки ресурсоцінних відходів.

## **Висновки до розділу 2:**

1. Згідно існуючої методики було розраховано нормативну кількість ТПВ, що утворюється в місті Вінниця. За даними результатами розраховано необхідну кількість сміттевозів та контейнерів для очищення міста від відходів. Було порівняно отримані у результаті розрахунку показники з існуючими і виявлено дефіцит контейнерів для первинного збору ТПВ для різних видів ресурсоцінного сміття у кількості 600 шт. Кількість сміттевозів повністю забезпечує місто для очищення від ТПВ.

2. У місті Вінниця було проведено дослідження морфологічного складу ТПВ у залежності від доходу громадян. 8 чоловік спостерігали за своїми відходами вдома, на роботі, у місті, з закладах громадського харчування і т.п. Порівнюючи дохід громадян і кількість відходів було побудовано апроксимуючу залежність, яка дає змогу прогнозувати рівень утворення і склад ТПВ у залежності від зміни благополуччя населення.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ ТПВ МІСТА ВІННИЦЯ

#### 3.1 Децентралізована модель поводження з ТПВ

В даний час існують різні методи поводження з ТПВ. На першому плані, звичайно, стоїть організація системи збору ТПВ, від якої залежать методи їх переробки. За останні 20 років відбулися принципові зміни в ідеології і техніці поводження з твердими побутовими відходами. Спочатку превельювали сумарний спосіб і загальну переробку шляхом вивезення на санітарні звалища (полігони), компостування і спалювання. Потім у різних країнах стали проводитися роботи по механічній сепарації ТПВ та роздільному збору твердих побутових відходів шляхом їх сортування населенням на кілька видів : харчові відходи, чорні і кольорові метали, скло, пластмаса, папір, картон і т. д. Для цих цілей використовується контейнери, ящики або мішки різного кольору. Зібрані в окремі ємності компоненти відходів підлягають роздільній транспортуванні на переробні підприємства.

Важливим для міста Вінниця є питання первинного сортування сміття на місцях його збору. Для цього у місті планується використовувати нові схеми розташування контейнерів для сміття на контейнерному майданчику.

Враховуючи існуючі вимоги санітарних норм і правил щодо обмеження кількості контейнерів до 5 одиниць, які можна встановлювати на одному контейнерному майданчику, пропонується використовувати на території міста Вінниця наступні технологічні схеми роздільного збирання ТПВ:

- схема № 1- на два контейнери,
- схема № 2- на три контейнери;
- схема № 3- на чотири контейнери;
- схема № 4- на п'ять контейнерів.

Рекомендована організація роздільного збирання ТПВ за схемою № 1.

За схемою № 1 на контейнерному майданчику рекомендується встановлювати два контейнери.

Перший – контейнер блакитного кольору з написом «Вторинна сировина» – призначений для збирання ресурсоцінних складових ТПВ, окрім харчових та інших відходів, що легко загнивають.

Другий – контейнер рекомендовано сірого кольору – призначений для збирання решти змішаних відходів, у тому числі харчових та інших відходів, що легко загнивають

При застосуванні схеми №1 необхідно передбачити централізоване перевезення зібраних окремо у одному контейнері ресурсоцінних компонентів на сміттесортувальнопереробну станцію, що проектується або за умови укладення контракту на існуючі сміттєпереробні пункти, що займаються збиранням та переробкою окремих видів втор сировини.

Рекомендована організація роздільного збирання ТПВ за схемою №2.

Схемою №2 рекомендовано передбачити: роздільне збирання в одному контейнері – одного певного виду ресурсоцінних компонентів, у другому контейнері – інших ресурсоцінних компонентів, у третьому – змішаних відходів.

За схемою №2 на контейнерному майданчику рекомендується встановлювати:

Один контейнер для збирання одного певного виду ресурсоцінних компонентів, наприклад:

або жовтий контейнер з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів;

або зелений контейнер з написом «Скло» – для збирання скла;

або синій контейнер з написом «Папір» – для збирання паперу;

або чорний контейнер з написом «Метал» – для збирання металу;

один контейнер блакитного кольору з написом «Вторинна сировина», призначений для збирання інших ресурсоцінних компонентів ТПВ;



один контейнер сірого кольору, призначений для збирання змішаних відходів.

Рекомендована організація роздільного збирання ТПВ за схемою №3.

Згідно даної схеми окремі два види ресурсоцінних компонентів не потребують додаткового оброблення і можуть бути окремо вивезені безпосередньо на об'єкти підприємства, що займаються збиранням та переробкою окремих видів вторсировини.

Схемою №3 рекомендується передбачити: роздільне збирання в одному контейнері – одного певного виду ресурсоцінних компонентів, у другому контейнері – другого певного виду ресурсоцінних компонентів; у третьому – інших ресурсоцінних компонентів; у четвертому – змішаних відходів.

За схемою №3 на контейнерному майданчик рекомендується встановлювати:

один контейнер для збирання одного певного виду ресурсоцінних компонентів, наприклад:

або жовтий контейнер з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів;

або зелений з написом «Скло» – для збирання скла;

або синій контейнер з написом «Папір» – для збирання паперу;

або чорний контейнер з написом «Метал» – для збирання металу;

Один контейнер для збирання другого певного виду ресурсоцінних компонентів, наприклад:

або зелений контейнер з написом «Скло» – для збирання скла;

або синій з написом «Папір» – для збирання папері;

або жовтий контейнер з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів;

або чорний контейнер з написом «Метал» – для збирання металу;

Один контейнер блакитного кольору з написом «Вторинна сировина», призначений для збирання інших ресурс оцінних компонентів ТПВ.

Один контейнер сірого кольору, призначений для збирання змішаних відходів.

Рекомендована організація роздільного збирання ТПВ за схемою №4.

За схемою №4 роздільне збирання ТПВ рекомендовано здійснювати у окремі контейнери, розміщені на контейнерному майданчику:

Жовтий з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів;

Зелений з написом «Скло» – для збирання скла;

Синій з написом «Папір» – для збирання паперу;

Чорний з написом «Метал» – для збирання металу;

Коричневий з написом « Харчові відходи» – для збирання харчових відходів;

Сірий з написом «Змішані відходи» – для збирання змішаних ТПВ.

Пропонується у м. Вінниці застосовувати всі чотири запропоновані схеми збору. На вибір схеми впливає близькість розташування підприємств, що займаються збиранням та переробкою окремих видів втор сировини і вид сировини, яку переробляє підприємство. Всього на території міста є 21 підприємство по переробці втор сировини.

На даний момент місто Вінниця повністю забезпечено контейнерами для збору змішаних відходів у кількості 1450 шт., що відповідає добовій нормі збору ТПВ – 1600 м<sup>3</sup>. Для примінення схем роздільного первинного збирання ТПВ на території міста Вінниці є необхідність у додаткових контейнерах різного кольору для скла, паперу, харчових відходів, пластмас інш у кількості:

Жовтий з написом «Полімери» – 60;

Зелений з написом «Скло» – 55;

Синій з написом «Папір» – 80;

Чорний з написом «Метал» – 120;

Коричневий з написом « Харчові відходи» – 50.

Перевезення ресурс оцінних компонентів ТПВ рекомендується здійснювати спеціальними транспортними засобами, конструкція завантажувального пристрою яких відповідатиме конструкції та типу

контейнерів, що використовується для збирання ресурсоцінних компонентів. Перевезення ресурсоцінних компонентів рекомендується здійснювати:

автотранспортними підприємствами, що займаються перевезенням твердих побутових відходів, зібраних за унітарною системою, та обслуговують район населеного пункту, де здійснюється роздільне збирання ТПВ;

сміттесортувальними та сміттепереробними підприємства власними автотранспортними засобами;

підприємствами, у технологічному циклі яких передбачено використання того чи іншого ресурсоцінного компоненту ТПВ, як вторинної сировини.

На першому етапі впровадження роздільного збирання ТПВ, як ресурсоцінні компоненти, так і змішані відходи, рекомендується перевозити за режимом, встановленим санітарними нормами і правилами для ТПВ, зібраних за унітарною системою. Це пов'язано, з тим, що в зв'язку з ще недостатньою організацією населення щодо участі у роздільному збиранні ТПВ та невідпрацьованою належно системою роздільного збирання, до контейнерів з ресурсоцінними компонентами можуть потрапляти харчові та інші відходи, що легко загнивають. На подальших етапах впровадження роздільного збирання змішані відходи рекомендується перевозити за режимом, встановленим санітарними нормами і правилами. Перевезення ресурсоцінних компонентів ТПВ, які не псуються (нерозкладаються), рекомендовано здійснювати із дотриманням санітарних норм та правил. Але при цьому рекомендоване провести відповідні розрахунки і додатково у місця роздільного збирання ТПВ встановити контейнери, загальний об'єм яких має бути достатній для зберігання ресурсоцінних компонентів, що утворюються у режимному інтервалі перевезення ТПВ.

Ресурсоцінні компоненти ТПВ, зібрані за схемою №1 рекомендується вивозити на сміттепереробні підприємства, де проводять їх додаткове сортування або перероблення.

Таблиця 3.1 – Підприємства найбільшої потужності м. Вінниця, що займаються збиранням та переробкою окремих видів вторсировини

№ № пп	Назва підприємства, адреса	Види вторсировини, що приймає або переробляє підприємство, технологія переробки	Напрямок постачання продукції підприємства	Орієнтовна потужність підприємства	Вартість вторсировини, грн.
1	2	3	4	5	6
1	МПП «Руслана» м. Вінниця, вул Хмельницьке шосе, 7а	Відходи поліетилену низького та високого тиску, поліпропілен, полістирол, сополімер стиролу, одноразовий посуд, Відмивання, розділення полімерів за видами, гранулювання.	На виробництво будівельних матеріалів: черепиця, облицювальна плитка, бруківка та обладнання для комунального господарства.	~10 т/рік	Пластмаса – 500 грн./т при забрудненні не більш 5%
2	ТОВ «Алмего», м. Вінниця, вул. Чехова, 35	Збір і сортування вторсировини (макулатура, поліетилен, стрейч, ПЕТ-пляшки, пластмаса). Утилізація шкідливих відходів: відпрацьовані батареї свинцевих акумуляторів, гальванічний шлам; відпрацьовані нафтопродукти — масла, мастильні матеріали, інструментальні масла, мазут і т д; відходи упаковок, контейнерів			

		(в т ч жерстяні банки); відходи виробництва (фарби, лаки, оліфа, пігменти, барвники, чорнило, туш); відпрацьовані 3			
		люмінесцентні лампи; прилади, що містять ртуть. Ручне сортування, пакування, пресування пакетів на пресі ЛП-40	Макулатура – на паперові фабрики	Макулатури – 300 т./рік. Склобій – 240т/рік. Пластмаса – 300 т./рік.	Макулатура (при забрудненні не більш 1,5%) – 250 грн./т без ПДВ. Склобій (білий) – 20 грн./т без ПДВ. Склобій (кольоровий) – 18 грн./т без ПДВ (при забрудненні не більш 2%). Пластмаса – 300 грн./т без ПДВ (при забрудненні не більш 5%)
3	ООО «Подільська Січ», Вінниця, вул.. Ватутіна, 19	Макулатура, поліетилен, пластмаса, ПЕТ-пляшка (пластикова пляшка), стрейч. Металобрухт (лом чорних і кольорових металів). Акумулятори б / у, склобій, склотара. Люмінесцентні лампи. Відходи масел (олії), мастила, мазуту та інше вторсировину.	На виробництво		Макулатура (при забрудненні не більш 1,5%) – 250 грн./т без ПДВ. Пластмаса – 300 грн./т без ПДВ (при забрудненні не більш 5%)
4	ВАТ “ Укрвторчермет”	Переробка (пресування та переплавлення)	Металургійним заводам або	250 т./рік	Металобрухт – чорний метал відповідно ГОСТ 2787-75:

	м. Вінниця, вул. Ватутіна, 1	чорного та кольорового металобрухту. Виготовлення “чушки” або окремих видів виробів (забруднення до 3%)	підприємствам-переробникам		3А – 350 грн/т (металобрухт не більше 800x500x500мм, з товщиною стінки не менш ніж 6 мм). 5А – 320 грн/т (металобрухт негабаритний, товщина стінки не менше 6 мм). 12А – 200 грн/т (металобрухт для пакетування).
5	ООО «Стекломир» м. Вінниця, вул. Чехова, 31а	Білий склобій	На виробництво ( власні потреби)		Білий склобій 160 грн/т
6	ТОВ «Вінницькочотч» м. Вінниця, вул. Тарнагородського, 21а	Збирання та утилізація ПЕТ – пляшок, стрейч. Подрібнення.	Здавання подрібненої пластмаси підприємствам, що переробляють вторинні пластмаси	На повну потребу Вінниці та області	
7	СПС Клеменшов А.А., м. Вінниця, вул. Немірівське шосе, 84; Чехова, 2	Збирання та пресування макулатури та полімерів, склобою кольорового. Текстилю – тільки від нежитлової сфери. Агломерація полімерів.	Склобій на склозаводи. Макулатура та текстиль – на картонну фабрику	Макулатура - 2 т/міс. Полімери –5 т/міс.	
8	ПП «Паперовик – К» м. Вінниця, вул. залізничний провулок, 7	Збирання макулатури, поліетилену.	Макулатура – на власні потреби.	Макулатура - 3 т/міс.	Розсортована макулатура 450 грн/т. Розсортований поліетилен 600 грн/т.

Ресурсоцінні компоненти ТПВ, зібрані за схемою №2 рекомендовано вивозити:

один певний вид ресурсоцінних компонентів ТПВ - безпосередньо на підприємство, в технологічному циклі якого передбачено використання даного виду ресурсоцінного компоненту як вторинної сировини;

інші види ресурсоцінних компонентів, зібраних в одному контейнері, - на сміттєпереробні підприємства, де проводять їх додаткове сортування або перероблення. Ресурсоцінні компоненти ТПВ, зібрані за схемою №3, рекомендується вивозити:

один певний вид ресурсоцінних компонентів ТПВ, зібраний в одному окремому контейнері, – безпосередньо на відповідне підприємство, в технологічному циклі якого передбачено використання саме цього ресурсоцінного компоненту як вторинної сировини;

другий певний вид ресурсоцінних компонентів ТПВ, зібраний в другому окремому контейнері, – безпосередньо на відповідне підприємство, в технологічному циклі якого передбачено використання саме цього ресурсоцінного компоненту як вторинної сировини;

інші види ресурсоцінних компонентів, зібраних в одному контейнері, - на сміттєпереробні підприємства, де проводять їх додаткове сортування або перероблення.

Ресурсоцінні компоненти, зібрані за схемою № 4 рекомендується вивозити:

харчові та інші органічні відходи – на біологічне перероблення (компостування, анаеробне розкладання органічного матеріалу з утворенням біогазу або будь – який інший процес оброблення відходів, що біологічно розкладаються).

папір та картон – на підприємства, в технологічному циклі яких передбачено перероблення макулатури;

полімери – на сміттєсортувальні або сміттєпереробні підприємства, для подальшого сортування на окремі види полімерів або перероблення;

скло – на підприємства, в технологічному циклі яких передбачено використання склобою.

На вибір схеми первинного збору ТПВ впливає близькість розташування підприємств переробки ресурсоцінного сміття. Основні підприємства та їх характеристики по переробці ресурс оцінних відходів представлено у табл.3.1 та табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Підприємства, що переробляють ресурсоцінне сміття

Назва підприємства	Фактична адреса
Папір, картон	
«Вторма – Вінниця – 1»	Тарнагородського, 30
«Паперовик – К»	Залізничний провулок, 7
«Подільська Січ»	Ватутіна, 19
«СПС Клеменшов А.А.»	Немірівське шосе, 84; Чехова, 2
«Вторресурси»	Чехова, 43
Скло	
ПП«Компанія Вінтар»	Зодчих, 32
«Полідж»	Вишнева, 5
«Алмего»	Чехова, 35
Метал	
«Стекломир»	Чехова, 31а
«Артем – В»	Ватутіна, 1а
«Подільська Січ»	Ватутіна, 19
« СПС Клеменшов А.А.»	Немірівське шосе, 84; Чехова, 2
Метал	
ЛТД «Софія»	Червоних партизанів, 2; Гоголя, 20
«Подільська Січ»	Ватутіна, 19
МПМ «Фаза»	Фрунзе, 4
«Укрвторчермет»	Ватутіна, 1
ПП «Техноресурспром – КТ»	Єрмака, 6
«Вторсировина»	Ватутіна, 5
ЗАТ «Вінницявторма»	Ватутіна, 19
ПП «Вол – ком»	П. Тичини, 8
ТОВ «Проммеханіка»	Стеценко, 75а
ТОВ « Поділля Екологія Вторма»	Промислова, 6
«Артем – В»	Ватутіна, 1а
Пластмаси, полімери	
ТОВ «Проммеханіка»	Стеценко, 75а
«Алмего»	Чехова, 35
«Подільська Січ»	Ватутіна, 19
ТОВ «Вінницяскоточ»	Тарнагородського, 21а
ЛТД «Руслана»	Хмельницьке, 112а
«Вторма – Вінниця – 1»	Тарнагородського, 30
Текстиль	
«Алмего»	Чехова, 35



У додатку представлено схему первинного збору ТПВ.

Змішані ТПВ рекомендовано перевозити на об'єкти подальшого поводження з ними, а саме на пункти сміттєспалювання або їх захоронення.

На першому етапі впровадження роздільного збирання ТПВ рекомендовано використовувати заявочну систему перевезення ресурсоцінних компонентів ТПВ.

Великогабаритні відходи, навантаження яких є небезпечним чи може призвести до ушкодження спеціалізованого автотранспортного засобу, рекомендується вивозити спеціальним автотранспортом [15].

У додатку представлено існуюча модель поводження з ТПВ у місті Вінниця. Однак досвід більшості міст показав, що майбутнє за роздільним збором ТПВ населенням ( по ефективності йому немає альтернативи), але вводити його можна тільки тоді, де суспільна свідомість, культура населення сприймають його. Тому, зважаючи на численні перепони – соціальні, економічні, енергетичні у даній бакалаврській роботі було запропоновано децентралізований метод поводження з муніципальними ТПВ. Модель методу представлена у додатку.

Метод децентралізації полягає у:

1. Рекультивації існуючого полігону у с. Стадниця. Рекультивація полігону необхідна у зв'язку з його перевантаженням. Ліквідація полігону є обов'язковою умовою для покращення екологічної ситуації регіону.

2. Будівництво сортувальних та утилізаційних станцій. Всього на території міста передбачено будівництво 6 станцій переробки ТПВ, потужністю переробки 300 м<sup>3</sup> ТПВ. Їх розташування обумовлено щільністю населення. Місце для будівництва було вибрано з урахуванням містобудівних обмежень – відстань до житлової забудови не менше 100 м [17].

На території Ленінського району площею 29 км<sup>2</sup> з населенням 180 770 чол. передбачено 3 станції.

У Замостянському районі площею 22 км<sup>2</sup> з населенням 114 295 чол. – 2 станції.

У Староміському районі площею 18,3 км<sup>2</sup> з населенням 65 574 чол – 1 станція.

На станції передбачено обладнання і установки для сортування змішаного сміття, після проходження яких відділяються залізо, пісок і інші сипучі матеріали інші ресурсоцінні матеріали, які визначено для переробки, відділяються у повітряно – водній установці. Після сортування нересурсоцінне сміття піддається піролізу чи спалюванню в печі для термічної обробки побутових відходів в розчині, який барботує. Зола і шлак, які утворюються під час спалювання( при піролізі – до 10 – 20% від маси ТПВ, спалюванні в печі – 7 – 14% від маси ТПВ) планується використовувати у дорожньому будівництві ( при щорічному ремонті доріг), при виготовленні будівельних матеріалів. У разі відсутності ініціатив застосування золи і шлаку у будівництво обов'язковим є будівництво спеціалізованого полігону. Можливим є вивіз золи і шлаку на місце старого полігону біля с. Стадниця. Газоподібні продукти – пара та пальний газ – планується розділяти і використовувати в процесі термічної обробки ТПВ.

У результаті спалювання утвориться газоподібне паливо ( 30 – 40% від маси ТПВ), яке можна використовувати для виробництва енергії [35].

3. Розробка нової схеми збору та транспортування ТПВ. Оскільки шлях транспортування суттєво скоротиться, найдовший маршрут буде складати 5,4 км, замість мінімально існуючого 27 км (від межі міста до полігону у с. Стадниця), то відпадає необхідність в великій кількості автівок – сміттєвозів та скорочується час руху автомобілей. Скорочення автотранспорту призведе до зменшення обслуговуючого персоналу, а отже і витрат на оплату його праці. Даний метод руху сприятиме зменшенню витрат палива, оскільки, пробіг автівок зменшується на 72,3% що є стратегічним завданням у муніципальному розвитку. Також разом з витратами палива, скоротяться викиди шкідливих речовин – зокрема чадного газу – , який виділяється при рухові сміттєвоза, за

рахунок скорочення маршруту та кількості транспорту. Отож, метод транспортування вирішується екологічну та економічну проблему одночасно.

### **3.2 Сортування ТПВ у місті Вінниця**

Необхідною умовою при переробці ТПВ є їх попереднє сортування. Сортування дає змогу відділити ресурс оцінне сміття, яке в подальшому може бути перероблено, а не бути піддане спалюванню.

Для первинного сортування сміття зроблено чимало кроків. Наприклад, жителів в багатьох містах просять розбирати своє сміття на вторсировини (наприклад, папір, пластикові контейнери, металеві контейнери і скляні контейнери) і не вторсировину одразу при його накопиченні. Проте, темпи недотримання і неправильного сортування з ТПВ високі. Недотримання і неправильна відповідність сортування знижують ефективність і збільшуює витрати, пов'язані з системами операційної переробки, які призначені для оброблених попередньо відсортованих відходів [56].

Деякі системи рециркуляції намагаються уникнути проблем з відсортування відходів, намагаючись переробляти матеріали із змішаних відходів. Тим не менш, багато з цих систем є досить трудомістким в експлуатації, а також вони мають відносно низькі темпи відновлення вторсировини.

Тому виникла необхідність модернізації існуючого способу сортування.

Відомий комплексний спосіб сортування відходів – патент на корисну модель № 54230.

Комплексний спосіб сортування, підготовки та переробки твердих побутових відходів шляхом сортування побутових відходів по фракціях і однорідності, який включає операції подання побутових відходів в сепаратор барабанного типу, в якому здійснюють одночасне їх розпушування, руйнування пакетів і мішків з побутовими відходами, видалення з побутових відходів органічних і біологічних речовин, які надходять на доопрацювання, а

рідина, яка виділяється при відсіюванні відходів, надходить в каналізації і далі в ставок-випарник, з наступною їх подачею в сортувальну кабінку з конвеєром для витягання з них магнітним сепаратором залізовмісних речовин і подальшим сортуванням немагнітного залишку побутових відходів на однорідні побутові немагнітні відходи дрібної, середньої і крупної фракції, дроблення відсортованих однорідних побутових відходів крупної фракції і брикетування відсортованих однорідних побутових відходів. Недоліком даного методу є те, що в установці використовується ручна праця у сортувальній кабінці. Робітники вручну сортують тверді побутові відходи, прямо з конвеєра, із загальної маси, на групи матеріалів: пластик, кольорові і чорні метали, папір і дерево. Недоліком даного виробництва є низька ефективність.

Відомо спосіб підготовки побутових відходів до вторинного використання, який вибрано за прототип (Патент України № 51448, МПК (2009) B09B3/00, B03B9/00, C05F9/00, опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13, 2010 р.), в якому шляхом сортування побутових відходів по фракціях і однорідності з здійсненням одночасного їх розпушування, руйнування пакетів і мішків з побутовими відходами, видаленням з побутових відходів біологічних і органічних речовин та подачею їх на сортувальний конвеєр, для витягання з них магнітним потоком залізовмісних речовин і подальшим сортуванням немагнітного залишку побутових відходів на однорідні побутові немагнітні відходи дрібної, середньої і крупної фракції та дробленням відсортованих однорідних побутових відходів крупної фракції і брикетування відсортованих однорідних побутових відходів, при якому потік побутових відходів на виході з обертового барабана розтинають на два потоки, кожний з яких подають на сортувальний конвеєр вільнопадаючим потоком з різною швидкістю руху, при цьому одночасно магнітним потоком впливають на згадані вільнопадаючі потоки побутових відходів.

Недоліком даного способу є те, що товарну продукцію, у вигляді брикетів з однорідними відходами відправляють на склад для зберігання. Довготривале зберігання відходів на території звалищах та полігонах твердих побутових

відходів приводить до забруднення території, тобто погіршується екологічна ситуація. Також даний спосіб має вузькі функціональні можливості через те, що не передбачає переробки гумово-технічних виробів для утилізації і отримання цінних продуктів для подальшого використання.

Щодня з населеного пункту вивозиться такий обсяг побутових відходів, що розсортувати його вручну можна тільки з великою кількістю робітників. Як правило це 12–14 чоловік у дві зміни. А це значні фінансові трати для міста. Крім того, ручне сортування побутових відходів небезпечно травмами для робітників, а випаровування від побутових відходів шкідливі для дихання.

Передбачено створення простішого способу сортування, підготовки та переробки твердих побутових відходів. Спосіб має дозволити здійснювати повну утилізацію змішаних побутових відходів при відділенні вторинної сировини та відповідати санітарно-епідеміологічним вимогам та приносити додатковий прибуток.

Пристрій повинен забезпечувати поділ побутових відходів із загальної маси на окремі групи матеріалів, що застосовуються для вторинної переробки (дерево, папір, кольорові і чорні метали, пластик), за рахунок різниці густини складових і густини води, з подальшою виїмкою розділених груп матеріалів з цього пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що сортування побутових відходів здійснюється поетапно.

Метод включає операції:

1. Подання побутових відходів в нахилений прийомний бункер з обертовим барабанним грохотом, який слугує для розпушування відходів, розриву мішків та іншої тари з відходами. Барабанний грохот виконаний з секцій на початку шестигранної форми у вигляді сітчастих площин з осередками 10 мм, в середині - у вигляді восьмигранних секцій з осередками від 20 до 150 мм, що збільшуються від шестигранною секції до виходу, і на виході - циліндричної форми. Відходи, що надійшли в прийомний бункер, постійно переміщаючись у лінійному напрямку в грохоті, піддаються примусовому струшуванню на

ребрах призми, розриву і розрізу паперових і полімерних мішків, а також перевалюванню через реборди. Фрагменти відходів перекочуються і труться один об одного, у процесі чого відбувається фрагментація прилиплих дрібних предметів, піску, пилу, вологи, жирів. Перед прийомним бункером знаходиться решітка з великими отворами. Метою встановлення решітки є унеможливлення попадання у конструкцію великогабаритних предметів, які можуть пошкодити установку. Ширина стрічки транспортера 1400 мм. Швидкість руху стрічки 0,3 м/с. Привід транспортерної стрічки: мотор-редуктор.

Конструкція барабана-грохота обладнана повітряною сепарацією, що дозволяє під час його роботи відводити пил, що утворюється. Для пожежної безпеки в просторі між барабаном-грохотом і його захисним кожухом передбачено підведення водопровідних труб-конденсаторів з форсунками, що дозволяє при займанні відходів провести їх гасіння силами оператора-приймальника, і встановлені спеціальні піновмісні контейнери-балони, що проводять автоматичне гасіння при спалахуванні відходів.

2. Далі ТПВ проходять на вібростіл. На вібростолі з дрібними отворами сит відокремлюються пісок, камінці, бруд, ґрунт і інші дрібні фракції, які подаються у прикріплений жолоб, з якого під дією сил тяжіння надходить у тару. Над вібростолом розташована рухома вздовж осі панель метало – відокремлювач з постійним магнітом, яка має за мету притягування фрагментів чорного металу. Постійний магніт має високі магнітні властивості. Інтенсивність магнітного поля визначається магнітною індукцією, магнітною проникністю середовища і напруженістю магнітного поля. Металеві частки притягуються до поверхні металу.

Шляхом повертання панелі з металевими фрагментами сортувальник вручну викладає металеві шматки в спеціальний жолоб, який веде до гідравлічного преса, де метал пресується в пакети вагою до 80 кг.

3. Нахилена конвеєрна стрічка транспортує відходи в бункер установки сортування. Наступною стадією обробки є потрапляння сміття в водноповітряну сортувальну камеру.

Дана установка являє собою прямокутний контейнер з відокремленими відсіками, покритими гідрофобними матеріалами і які можна відокремлювати від загальної структури для збору відсортованого сміття. ТПВ подаються з конвеєрної стрічки в контейнер. В контейнері ТПВ разом з потоком теплої води рухаються гравітаційно. Тепла вода знаходиться в резервуарі над установкою. Вода, яка надходить в резервуар з ливневодощової каналізації. Підігрів води здійснюється теплообміном з трубкою теплою води, яка циркулюючи нагрівається від установки спалювання ТПВ. Тепла вода є необхідною. Зволоження теплою водою ТПВ дає ефект зменшення об'єму відходів, що значно скоротить час на сортування і збільшить кількість відходів, які можна відсортувати за зміну. В середині контейнера знаходиться трубки з повітрям. Дані трубки подають повітря під різним тиском з різною швидкістю і прискоренням, що дає змогу видувати з загальної структури ТПВ компоненти різної густини. Тиск подається від меншого значення до більшого. Наприклад, першим потоком видуваються тканина, яка має найменшу густину, останнім потоком – метал, з найбільшою густиною. Регуляторні датчики на контейнері дають змогу змінювати тиск повітря, що в майбутньому дасть можливість змінювати політику сортування, замінюючи відбір різних ресурсоцінних компонентів. Тиск повітря створюється за допомогою вмонтованих автоматичних компресорів або повітряних насосів.

Оскільки тиск дорівнює прикладеній силі розділеній на площу є необхідність визначити необхідну силу для конкретної речовини, тобто залежно від густини. Згідно другого закону Ньютона необхідна сила залежить від прискорення, яке потрібно надати. Тому за умови нехтування масою повітря в циліндрі компресора прискорення дорівнює силі тиску повітря в циліндрі компресора розділених на масу складових ТПВ з водою.

Масу відходів і повітря при розрахунку виражаємо через густину ТПВ і води.

Об'ємом для даного випадку буде об'єм потоку води.

$$V = d_{mp} \cdot c_n \cdot d, \quad (3.1)$$

де  $d_{mp}$  – діаметр труби компресора.

$c_n$  – ширина отвору подачі води

$d$  – товщина установки

Установка всередині поділені на три сектори. Вона працює за принципом пневматичного поділу фракцій за швидкістю витання у потоці повітря. Процес розподілу твердих часток за швидкістю осідання в газовому середовищі підпорядковується загальним законам осідання твердих тіл. Повітря продувають крізь потік відходів, воно захоплює найлегкі частки і виносить з повітряного сепаратора.

На частку, що рухається у вертикальному повітряному потоці, діє сила тяжіння  $S$  і сила опору середовища  $P$ . Ці сили у висхідному потоці протилежно напрямлені. За умови  $S > P$  частки опускаються, якщо  $O < P$ , то частки піднімаються і здійснюється їх розподіл. Якщо  $S = P$ , то частка витає в повітрі. Швидкість потоку повітря, при якому частка втримується у завислому стані, називають швидкістю витання. Швидкість частки у завислому стані дорівнює нулю, а відносна швидкість стає рівною швидкості повітряного потоку. Швидкість витання найлегшої ресурсоцінної речовини нижча від швидкості витання основної маси ТПВ і визначається аеродинамічними властивостями речовини. Так, для полімерів, органіки вона коливається в межах 18,5... 21,5 м/с. Отже, якщо потік ТПВ продувати повітрям зі швидкістю, меншою від вказаної швидкості витання, то з загального потоку ТПВ можна виділити папір.

Сепаратор працює в режимі замкнутої циркуляції повітря, а з розширювального простору відпрацьоване повітря забирається вентилятором. Очищення фільтра відбувається автоматично прокачуванням стисненого повітря у зворотному напрямку

Після відключення установки очищуються відсіки сортувальником. Розсортована речовина збирається в бункері-накопичувачі, об'єм якого 0,5 м<sup>3</sup>.



Дно бункера влаштоване таким чином, що за допомогою противаги дозволяється регулювати кількістю речовини, що там збираються. Після того, як вага доходить до необхідної, дно відкривається і відходи висипаються на стрічку до установки сепаратор – подрібнювача.

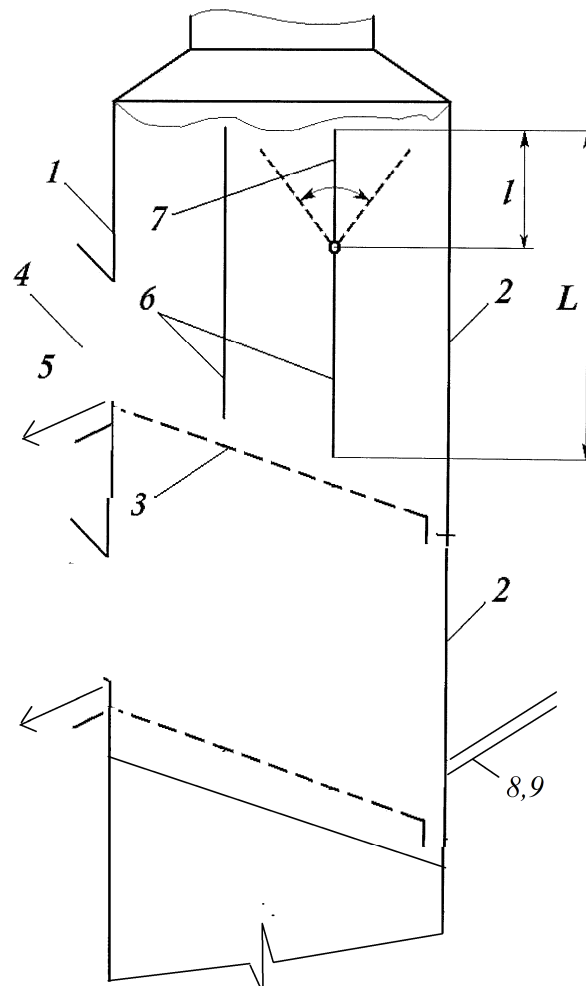


Рис.3.1 – Принцип роботи водноповітряної установки

На рисунку 3.1 зображений вертикальний розріз каналу вздовж напрямку руху оброблюваного матеріалу.

Канал для сепарації зерна висхідним повітряним потоком, утворений передньою 1, задньою 2 і бічними стінками, містить сітку 3 для підтримки відходів, вікно 4, до якого під'єднано стрічкові конвеєри, яке слугує для відводу відібраних фракцій ТПВ, виконане в передній стінці 1 над рухомою сіткою 3, 5 це стрічковий конвеєр для виведення очищеного матеріалу з каналу

біля задньої стінки 2. Над сіткою 3 поперек бічних стінок встановлені перегородки 6. Кінцева частина 7 перегородки 6 є рухомою, а її положення регулюється уздовж каналу в обидві сторони з метою зменшити або збільшити вільний перетин однієї з секцій каналу, щоб зрівняти швидкість повітряного потоку в цій секції зі швидкістю повітряного потоку в сусідній секції. 8 та 9 – це під'єднаний потік теплої води, що циркулює в сепараторі. При цьому довжина 1 регульованою частини перегородки 7 пов'язана з довжиною перегородки L співвідношенням:  $l < L/1 < 6$

Установка працює таким чином.

Вихідний матеріал ТПВ через завантажувальний вікно 4 подається в канал, де піддається впливу повітряного потоку, відсмоктуваного зверху-яким генератором. У результаті впливу висхідного повітряного потоку матеріал рухається від передньої стінки каналу 1 до задньої 2, розшаровуючись на фракції. Частинки легкої фракції спливають у верхні шари. Більш важкі частки залишаються в нижніх шарах потоку оброблюваного матеріалу над підтримуючої сіткою 3, торкаючись її в тій чи іншій мірі, в залежності від швидкості повітряного потоку.

У результаті вирівнювання швидкості повітряного потоку в секціях каналу шляхом переміщення кінцевої частини 7 однієї з перегородок 6 створюються сприятливі умови для якісного поділу зернового матеріалу. Важкі частки опускаються донизу. Цикл повторюється. Легкі частки, що виділилися з потоку ТПВ, далі повітряним потоком по секціях каналу між перегородками 6 виносяться через верхній вихід. Далі вони потрапляють на стрічковий конвеєр.

Застосування регулювання кінцевої частини перегородок дозволяє збільшити ефективність сепарації за рахунок збільшення повноти виділення легкої фракції і зменшення втрат важкої фракції.

Канал для сепарації висхідним повітряним потоком, утворений передньою, задньою і бічними стінками, що містить встановлену з нахилом від передньої стінки до задньої сітку, вікна для прийому вихідного і виведення обробленого зернового матеріалу і, принаймні, одну перегородку, встановлену над сіткою

поперек бічних стінок, що відрізняється тим, що кінцева частина, принаймні, однієї перегородки виконана рухомий з можливістю регулювання її положення уздовж каналу в обидві сторони, при цьому довжина  $l$  кінцевої частини перегородки пов'язана з довжиною  $L$  перегородки співвідношенням  $l < L/1 < 6$ .

4. Після подрібнення наступним етап є брикетування ТПВ по 5 кг. Тверді побутові відходи, пресуються за допомогою гідравлічного пресу пакування

5. Брикети надходять на конвеєрній стрічці в установку переробки під наглядом сортувальника.

Пункт сортування обладнано витяжною вентиляцією, опалювальною системою, освітленням, а також кнопкою аварійного виключення установки і електричним пультом управління лінією сортування, розміщеної на пункті сортувальника.



Рис.3.2 – Фрагмент технологічної установки сортування ТПВ – стрічковий конвеєр та панель з постійним магнітом

### 3.3 Вибір методу утилізації ТПВ

Утилізація ТПВ – процес їх розкладання під дією температури, хімічних, біологічних чи механічних чинників, в результаті чого відбувається перетворення відходів в звичний для використання вигляд: тепло (газ), добрива, рідке паливо (спирти) інш.

Продуктом утилізації ТПВ є енергія у вигляді газоподібного чи рідкого палива або тепла, яке можна використовувати для обігріву приблизних будинків, організацій, для роботи пункту переробки ТПВ або ж спалювати і пускати в загальну мережу міста.

Способи отримання енергії з відходів можна поділити на дві групи:

- 1) отримання енергоносія, який можна зберігати і транспортувати;
- 2) спалювання відходів для здобуття тепла і вироблення електрики.

Способами знешкодження ТПВ є:

1. Біологічний спосіб (компостування) твердих побутових відходів. Основною ціллю методу є утилізація ТПВ та переробка в добриво – компост. Метод здійснюють дією біохімічного розкладання органічної частини ТПВ мікроорганізмами, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла. Перевагами методу є зниження шкідливих викидів речовин, в тому числі в атмосферу виділяється менша кількість « парникових » газів (насамперед діоксиду вуглецю), ніж при спалюванні або вивезенні на звалища [72]. Основні недоліки компосту - високий вміст важких кольорових металів у ньому; те що при розкладанні виділяється амоній, що спричиняє зменшення ТПВ (по вазі) на 20%; неможливість переробки неорганічний відходів – паперу, картону, шкіри, пластмас; у процесі переробки виділяється біогаз, який маж неприємний запах і виділення якого не допустиму у межах міста, ліквідація біогазу спричинить додаткові неокупні витрати. Дані недоліки не дають змогу використовувати компостування для переробки муніципальних ТПВ.

Оптимальними умовами компостування є: рН від 6 до 8, вологість 40 - 60 %, час компостування здійснюється в спеціальних закритих басейнах або тунелях протягом місяця.

Технологічно першим етапом переробки в компост є розвантаження сміттєвозів у прийомні бункери, з яких пластинчастими живильниками або грейферними кранами відходи подаються на стрічкові конвеєри. З конвеєрів ТПВ надходять в обертові біотермічні барабани. У біобарабанах при постійній подачі повітря відбувається амоніфікація під впливом бактерій аеробів, результатом якої є активний біотермічний процес. У ході цього процесу температура відходів підвищувалася до 60°C, що сприяло загибелі хвороботворних бактерій [31].

Компост являє собою пухкий продукт без запаху. У розрахунку на суху речовину компост містить 0,5 - 1 % азоту, 0,3 % калію і фосфору і 75 % органічної гумусного речовини. Просіяний компост проходить магнітну сепарацію і прямує в дробарки для подрібнення мінеральних складових, а потім транспортується на склад готової продукції [21]. Виділений метал пресується.

## 2. Термічний (спалювання).

Спалювання є одним з найбільш технічно відпрацьованих і поширених серед усіх методів переробки ТПВ, який постійно удосконалюється. Оптимальним для спалювання ТПВ визнано двоступеневих процес, що включає стадію піролізу. Такий процес є енергетично вигіднішим, ніж просте спалювання, але має ряд недоліків. Піролізний газ необхідно очищати від кислих компонентів (HCl), забезпечувати захист довкілля від забруднення важкими металами. Альтернативою процесові піролізу є процес газифікування, що відбувається при вищих температурах та в присутності повітря [45]. У цьому випадку отриманий газ являє собою суміш низькомолекулярних вуглеводнів, які потім спалюють у печі. На жаль, екологічну ситуацію такий процес також не поліпшує, тому що наявність повітря й наявність в смітті хлорорганічних сполук за високої температури призводить до інтенсивного утворення діоксинів і потрапляють у навколишнє середовище. Найбільш повна

деструкція продуктів, що містяться в ТПВ, відбувається в процесі високотемпературного піролізу або газифікування за температури 1650–1930 °С в розплаві мінеральної суміші з добавками металів або за температури до 1700 °С в розплаві солей чи лугів за наявності каталізаторів (MSOP-технологія). Зазначений спосіб забезпечує перероблення ТПВ практично будь-якого складу, за такої температури повністю руйнуються діоксини, фурани і біфеніли. У результаті отримують синтез-газ (використовується як паливо або сировина для хімічної промисловості) та твердий залишок. Але такий процес також має свої недоліки, це висока вартість обладнання та великі капіталовкладення [33].

Розрізняють спалювання з використанням тепла і без використання тепла. Метод спалювання має як безсумнівні переваги (можна використовувати теплоту згоряння ТПВ для отримання електроенергії та опалення будівель, надійне знешкодження відходів), так і суттєві недоліки. Необхідна хороша система очищення газів, так як при спалюванні ТПВ в атмосферу виділяються хлористий і фтористий водень, сірчистий газ, оксиди азоту, а також метали та їх сполуки (Zn, Cd, Pb, Hg і т. п.) у вигляді аерозолів і, що особливо важливо, в процесі горіння відходів утворюються діоксини, дифеніли, присутність яких в відведених газах значно ускладнює їх очищення через малу концентрації цих високотоксичних сполук [35].

3. Піроліз. Різновидом процесу спалювання є піроліз - термічний розклад ТПВ без доступу повітря. Застосування піролізу дозволяє зменшити вплив ТПВ на довкілля і отримувати такі корисні продукти, як горючий газ, масло, смоли і твердий залишок (пірокарбон) [15].

Широко використовується процес піролізу високотемпературного при переробці побутових відходів у шлаковому розчині, який барботує. Основним агрегатом технологічної схеми є барботажна піч. Піч проста і має невеликі габарити, високу продуктивність і високу експлуатаційну надійність. Процес здійснюється наступним чином. Побутові відходи подають в завантажувальний

пристрій періодично. Штовхач скидає їх в шлакову ванну, продувається повітрям, збагаченим киснем.

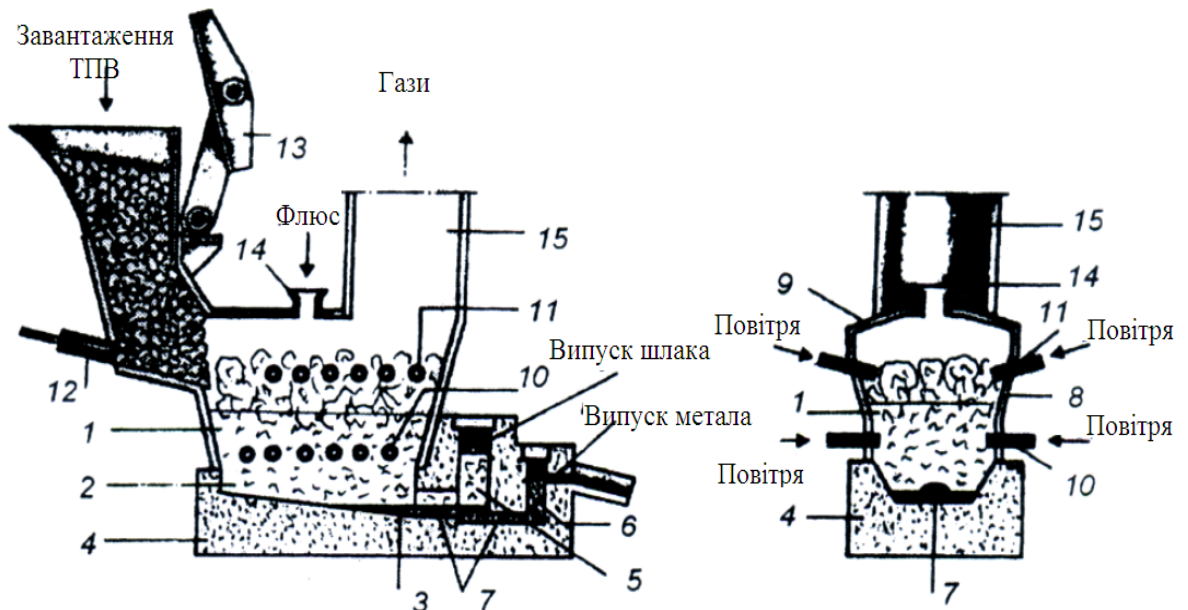


Рис 3.3 – Піч для термічної обробки побутових відходів в розчині, який барботує [15]

1 - шар шлаку, через який барботируют повітря; 2 - шар спокійного шлаку; 3 - шар металу; 4 - вогнетривка подина; 5 - сифон для випуску шлаку; 6 - сифон для випуску металу; 7 - перетік; 8 - водоохолоджені стінки; 9 - водоохолоджуваний звід; 10 - фурми для подачі повітря; 11 - фурми для подачі палива; 12 - завантажувальний пристрій; 13 - кришка; 14 - завантажувальна воронка; 15 - патрубок для відводу газу.

У ванні відходи швидко занурюються в інтенсивно спінений розчин. Температура шлаку становить 1400 - 1500 ° С. За рахунок інтенсивної теплопередачі відходи піддаються швидкісного піролізу і газифікуються. Мінеральна їх частина розчиняється в шлаку, а металеві предмети розплавляються, і рідкий метал опускається на піддон. При низькій калорійності відходів для стабілізації теплового режиму в якості додаткового палива в піч подають в невеликих кількостях енергетичне вугілля. Замість вугілля може бути використаний природний газ. Для отримання шлаку заданого складу завантажують флюс. Шлаки випускається з печі через сифон

безперервно або періодично і подається на переробку. Хімічний склад шлаку можна регулювати в широких межах, отримуючи суміші, відповідні для виробництва різних будівельних матеріалів - кам'яного лиття, щебеню, наповнювачів для бетонів, мінерального волокна, цементу. Метал через перетікання надходить в сифон і безперервно або порціями зливається в ківш і далі передається на переробку або безпосередньо у печі розливається в чушки, або гранулюється. Горючі гази - продукти піролізу і газифікації відходів та вугілля, що виділяються з ванни, - допалюють над ванною шляхом подачі повітря, збагаченого киснем, або чистого кисню. Високотемпературні (1400 - 1600 ° С) гази з печі відсмоктуються димососом в паровий котел для охолодження і корисного використання їх енергії. У котлі здійснюється повне згорання газів. Потім охолоджені гази направляються в систему очищення. Перед скиданням їх в атмосферу проводиться їх очищення від пилу і шкідливих домішок. Високі температури процесу, раціональна схема спалювання, які полягають в поєднанні окислювально - відновлюваного потенціалу газової фази і температурного режиму, обумовлюють низький вміст оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) та інших домішок у димових газах. Димові гази завдяки високотемпературному спалюванню містять значно менше органічних сполук, зокрема діоксинів. Переклад в умовах процесу лужних і лужноземельних металів у парогазову фазу сприяє зв'язуванню хлору, фтору і оксидів сірки в безпечні сполуки, уловлювані при газоочистці у вигляді твердих частинок пилу. Заміна повітря киснем дозволяє в 2 - 4 рази знизити об'єм димових газів, полегшити їх очищення та зменшити скидання токсичних речовин в атмосферу. Замість великої кількості зольного залишку (до 25 % при звичайному спалюванні), містить важкі кольорові метали і діоксини, утворюється інертний шлак, який є сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Пил, що виноситься з печі з димовими газами, селективно вловлюється на різних щаблях очищення. Кількість пилу в 2 - 4 рази менше, ніж при використанні традиційних печей. Велика пил (до 60 %) повертається в піч, дрібна, що представляє собою концентрат важких кольорових металів (Zn,



Pb Cd , Sn та ін), придатних для подальшого використання. Процес плавки ТПВ в розчині, що барботує ( в печі ПВ) слід зазначити ( крім діоксинової безпеки) має ще дві переваги: порівняно високу питому продуктивність і низький пиловиніс. Ці показники обумовлені барботажем ефектом ( інтенсивною продувкою газами ванни розплаву і брзко - насиченістю робочого простору печі над ванною). Важливий позитивний фактор – наявність промислового досвіду їх експлуатації на підприємствах кольорової металургії в Росії і Казахстані [15].

Основними методами переробки ТПВ, найбільш відомі екологам і фахівцям з утилізації таких відходів. Ці методи або вже отримали промислове розповсюдження або пройшли великомасштабну апробацію. Суть використовуваних процесів :

- Процес КР - спалювання ТПВ в печі з колосниковими ґратами (КР ) або котлоагрегаті на колосникових решітках різних конструкцій;

- Процес КС - спалювання відходів у киплячому шарі ( КС) інертного матеріалу (зазвичай пісок певної крупності );

- Процес « Піроксел » - електрометалургійний, що включає сушку, піроліз (спалювання) відходів, обробку мінерального залишку спалювання в жужільному розплаві, а також пилогазоочистка димових газів;

- Процес в агрегаті типу печі Ванюкова ( ПВ) - плавка в розчині, який барботує;

- Процес, розроблений в Інституті хімічної фізики РАН - спалювання - газифікація відходів у щільному шарі кускового матеріалу без його примусового перемішування і переміщення;

- Процес « Thermostelect » - комбінований, що включає стадії ущільнення відходів, піроліз і високотемпературну газифікацію (з отриманням синтез - газ, інертних і деяких мінеральних продуктів і металів);

- Процес « Siemens » - піроліз - спалювання пірогазу і відсепарованої вуглецевого залишку з використанням незбагаченого киснем дуття[65];

- Спалювання ТПВ у печах - котлоагрегатах (процес КР) зважаючи на примінення порівняно низьких температур ( 600 - 900 ° С) практично не вирішує діоксинової проблеми. Крім того, при цьому утворюються вторинні (тверді незгорілі) шлаки і пилу, які потребують окремої переробки або надсилаються на поховання з подальшими негативними наслідками для довкілля. Ці недоліки певною мірою властиві й процесу КС. Тут додається необхідність підготовки сировини до переробки з метою дотримання гранулометричного складу. До недоліків процесу, розробленого Інститутом хімічної фізики РАН, відносяться: необхідність сортування та подрібнення відходів до певних розмірів; добавка і подальша сепарація теплоносія заданого гранулометричного складу; потреба в розробці дорогої системи очищення димових газів - синтез- газу, що представляє собою суміш моноокси вуглецю і водню[25].

Зважаючи на отримані переваги та недоліки найкращим варіантом при переробці муніципальних побутових відходів є утилізація у шлаковому розчині, який барботує. Даний спосіб переробки є безпечним у екологічному плані – при утилізації сміття відсутні небезпечні шкідливі речовини, що дає змогу розміщувати пункт переробки ТПВ з приміненням даного методу в зоні міста.

### **Висновки до розділу 3:**

1. У розділі було розроблено рекомендаційна модель поводження з ТПВ, яка передбачає децентралізація пунктів сортування та утилізації сміття. Дані пункти сортування рекомендується розташовувати в межах міста, враховуючи відстань до житлових будинків, передбачаючи СЗС та геологічну умови будівництва, оскільки типовий пункт переробки є напівпідземною спорудою. Переважно пункти сортування і утилізації розташовані на окраїні міста – було розроблено схему розташування пунктів і визначено райони, охоплені пунктом.

2. У роботі було розроблено модель первинного збору ТПВ. Запропоновано 4 різні схеми збору, які відрізняються складом і кількістю контейнерів для ресурсоцінного і змішаного сміття. Підбір даної схеми первинного збору ТПВ було здійснено з урахуванням близькості до підприємств, що займаються переробкою ресурсоцінної сировини – паперу, металу, полімерів, текстилю та скла.

3. Було запропоновано новий комплексний спосіб сортування ТПВ, який скорочує використання людської праці. Запропонований метод включає операції такі операції: 1. Подання побутових відходів в прийомний бункер з рухомим стрічковим конвеєром та рухомою щоглою з голками; 2. Попарадання ТПВ на вібростіл; 3. Проходження відходів через панелі з магнітом, яку очищує сортувальник вручну; 4. Потрапляння сміття в водноповітряну сортувальну камеру; 5. ТПВ надходять до установки сепаратора – подрібнювача; 6. Брикетування ТПВ за допомогою гідравлічного пресу пакування; 7. Брикети надходять до установки переробки під наглядом сортувальника.

4. Було проаналізовано основні методи утилізації ТПВ. Основним критерієм оцінки було потужність переробки та вплив на екологію. Як найбільш екологічним було визначено метод піролізного спалювання у печі з шлаковим розчином, яким барботує.

5. У процесі спалювання ТПВ виділяються інертний шлак, який планується використовувати для виготовлення будівельних матеріалів. У разі відсутності ініціатив по застосуванню шлаку у виробництві шлак буде захоронюватись на існуючому полігоні с. Стадниця, який планується частково рекультивувати та удосконалити для зберігання відходів I – III класу шкідливості, серед яких і шлак.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МОДЕЛІ ПОВОДЖЕННЯ З ТПВ

#### 4.1 Екологічна оцінка існуючої моделі поводження ТПВ

Серед джерел негативного впливу на навколишнього середовища під час санітарної очистки міста Вінниця можна виділити наступні:

- викиди забруднюючих речовин від технологічних процесів та викиди від автомобільного транспорту;

- утворення промислових та побутових відходів.

Здійснимо розрахунок викидів від полігону ТПВ.

У 2014 році на міському полігоні твердих побутових відходів було накопичено 13 000 000 м<sup>3</sup>, або 27300 тон відходів. За розрахунковими даними у період з 2014 по 2020 роки таких відходів накопичуватиметься 1226,8 м<sup>3</sup> або 5840,0 тон відходів в рік при 100-відсотковому охопленні міста вивозом твердих побутових відходів. На викиди CO<sub>2</sub> впливають морфологічний склад ТПВ. Отже, дану шкідливу речовину розрахуємо з урахуванням складу відходів.

Морфологічний склад твердих побутових відходів, що накопичені на міському полігоні та викиди CO<sub>2</sub> кожної складової:

1. Пластмаса – 28% (1 кг – 6 кг викидів CO<sub>2</sub>)
2. Папір – 26,4% (1 кг – 1,5 кг викидів CO<sub>2</sub>)
3. Харчові відходи – 21% (1 кг – 4,8 кг викидів CO<sub>2</sub>)
4. Текстиль – 8% (1 кг – 3,6 кг викидів CO<sub>2</sub>)
5. Каміння – 4,6% (1 кг – 0 кг викидів CO<sub>2</sub>)
6. Деревина – 3,7% (1 кг – 0 кг викидів CO<sub>2</sub>)
7. Поліетилен – 3% (1 кг – 1,8 кг викидів CO<sub>2</sub>)
8. Пісок – 2,2% (1 кг – 0 кг викидів CO<sub>2</sub>)
9. Скло – 2,1% (1 кг – 0,49 кг викидів CO<sub>2</sub>)
10. Глина – 1% (1 кг – 0 кг викидів CO<sub>2</sub>)

Розрахунок викидів CO<sub>2</sub> по кожній складовій ТПВ у базовому 2014 році:

1. Пластмаса –  $5840,0 \cdot 28\% \cdot 6 = 9811,2$  тон CO<sub>2</sub>
2. Папір –  $5840,0 \cdot 26,4\% \cdot 1,5 = 2312,64$  тон CO<sub>2</sub>
3. Харчові відходи –  $5840,0 \cdot 21\% \cdot 4,8 = 5886,72$  тон CO<sub>2</sub>
4. Текстиль –  $5840,0 \cdot 8\% \cdot 3,6 = 1681,92$  тон CO<sub>2</sub>
5. Каміння – 0 тон CO<sub>2</sub>
6. Деревина – 0 тон CO<sub>2</sub>
7. Поліетилен –  $5840,0 \cdot 3\% \cdot 1,8 = 315,36$  тон CO<sub>2</sub>
8. Пісок – 0 тон CO<sub>2</sub>
9. Скло –  $5840,0 \cdot 2,1\% \cdot 0,49 = 60,09$  тон CO<sub>2</sub>
10. Глина – 0 тон CO<sub>2</sub>

Всього викидів CO<sub>2</sub> в базовому 2014 році – 20068,034 тон CO<sub>2</sub>.

Розрахунок викидів CO<sub>2</sub> по кожній складовій ТПВ на полігоні:

1. Пластмаса –  $27300 \cdot 28\% \cdot 6 = 45864$  тон CO<sub>2</sub>
2. Папір –  $27300 \cdot 26,4\% \cdot 1,5 = 10810,8$  тон CO<sub>2</sub>
3. Харчові відходи –  $27300 \cdot 21\% \cdot 4,8 = 27518,4$  тон CO<sub>2</sub>
4. Текстиль –  $27300 \cdot 8\% \cdot 3,6 = 7862,4$  тон CO<sub>2</sub>
5. Каміння – 0 тон CO<sub>2</sub>
6. Деревина – 0 тон CO<sub>2</sub>
7. Поліетилен –  $27300 \cdot 3\% \cdot 1,8 = 1474,2$  тон CO<sub>2</sub>
8. Пісок – 0 тон CO<sub>2</sub>
9. Скло –  $27300 \cdot 2,1\% \cdot 0,49 = 280,92$  тон CO<sub>2</sub>
10. Глина – 0 тон CO<sub>2</sub>

Всього викидів CO<sub>2</sub> в рік в розрахункові роки (2010 – 2020) – 93810,72 тон [43].

Інші шкідливі речовини розрахуємо згідно прийнятої методики активної генерації газу Для визначення виходу біогазу за період його активної генерації використано рівняння (4.1) :

$$Q_w = 10 \cdot 6 \times R \times (100 - W) \times (0,92 \times Ж + 0,62 \times У + 0,34 \times Б), \quad (4.1)$$

де  $Q_w$  – питомий вихід біогазу за період його активної генерації, кг/кг відходів;

$R$  – вміст органічної складової у відходах, %;

$Ж$  – вміст жироподібних речовин в органічній складовій відходів, %;

$У$  – вміст вуглеводних речовин в органічній складовій відходів, %;

$Б$  – вміст білкових речовин в органічній складовій відходів, %.

За методикою з використанням формули (4.1) виконано розрахунки інтенсивності викидів основних компонентів і мікрокомпонентів ЗГ в атмосферне повітря. Результати розрахунків наведено в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Радіуси зони забруднення прилеглих до полігону територій

Компонент	Інтенсивність викидів, М, г/с	Середньо-добові гранично допустимі концентрації, мг/м <sup>3</sup>	Радіус зони забруднення, м
Метан	1843,5	50 (ОБРВ)	5480
Толуол	25,59	0,6	6240
Аміак	18,48	0,04	5464
Ксилол	7,72	0,2	8080
Оксид вуглецю	5,4	3	750
Діоксид азоту	3,8	0,04	11000
Формальдегід	3,31	0,003	12050
Етилбензол	3,12	0,02	1780
Ангідрид сірчистий	2,44	0,05	5890
Сірководень	0,9	–	8480

За результатами моделювання визначені зони розсіювання, в межах яких концентрація метану та мікрокомпонентів перевищує гранично допустимі значення. Межі таких зон наведені в додатку, де  $r$  – радіус зони забруднення.

Отже, високі значення інтенсивності викидів компонентів ЗГ створюють перевищення концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі полігону ТПВ у сотні разів. Це призводить до збільшення територій навколо полігону ТПВ, де концентрації мікрокомпонентів перевищує гранично допустимі значення.

Здійснимо розрахунок викидів від транспорту збору ТПВ.

Розрахунки викидів було виконано для наступних шкідливих речовин, що потрапляють у атмосферу з вихлопними газами автомобілів: оксид вуглецю, оксиди азоту (в перерахунку на діоксид азоту), вуглеводні, сажа, діоксид сірки, формальдегід, бенз (а) пірен. Викид *i*-го забруднюючої речовини (г / с) сміттєвозом на автомагістралі з фіксованою протяжністю *L* (км) визначаємо за формулою (4.2):

$$M_l = \sum_1^k M_{k,i} \cdot G_k \cdot K_v, \quad (4.2)$$

де,  $M_{k,i}$  (г / км) - викид *i*-го шкідливої речовини автомобілями для міських умов експлуатації;

$k$  - кількість груп автомобілів;

$G_k$  (1/час) - фактична найбільша інтенсивність руху, тобто кількість автомобілів кожної з  $k$  груп, що проходять через фіксоване перетин вибраної ділянки автомагістралі в одиницю часу в обох напрямках;

$K_v$  - поправочний коефіцієнт, що враховує середню швидкість руху транспортного потоку ( $V_k$  км / ч), 0,75;

Результати розрахунку представлені у табл. 4.2

Таблиця 4.2 – Основні викиди шкідливих речовин, що виділяються сміттєвозами згідно методу натурного визначення

Сміттєвоз	Викиди, г/км						
	СО	NO <sub>2</sub>	СН	Зола	SO <sub>2</sub>	Формальдегід	Бензапірен
	60,0	5,2	10,0	-	0,05	0,05	$4,0 \cdot 10^{-6}$
ГДК	5	0,2	1	0,15	0,5	0,035	$10^{-6}$
Концентрація,%	50	33	10	8	12	17	9

Поширення концентрацій забруднюючих речовин розраховувалися за методикою ОНД-86 з використанням програмних засобів (УПРЗА- Еколог). Ми отримали, що концентрація діоксиду азоту становить 0,33 ГДК, концентрація діоксиду сірки - 0,12 ГДК, оксиду вуглецю - 0,5 ГДК, зола - 0,08 ГДК, бенз (а) пірену - 0,09 ГДК, формальдегіду - 0,17 ГДК, вуглеводнів - 0,1 ГДК.

З розрахунку можемо зробити висновок, що концентрація сумачії діоксиду азоту та діоксиду сірки не перевищує 0,3 ГДК.

Таким чином, використовуючи розрахунковий метод і метод натурального визначення ми отримали, що викиди автотранспорту не перевищують гранично допустимих концентрацій.

Таблиця 4.3– Основні викиди шкідливих речовин, що виділяються сміттєвозами згідно розрахункового методу

Сміттєвоз	Викиди, кг/день						
	CO	NO <sub>2</sub>	CH	Зола	SO <sub>2</sub>	Формальдегід	Бензапірен
	121,52	7,93	15,3	-	0,77	0,76	$6,1 \cdot 10^{-2}$

Оскільки протяжність всіх маршрутів по місту для машин збору ТПВ в загальному складає 356 км [43]. За містом кожна автівка проходить 42 км у двох напрямках. Збір проводиться один раз в 1,5 дні (взимку раз на 2 дні, влітній сезон – кожного дня). На маршруті кожного дня пряцює 46 сміттєвозів, які в загальному проїзджають 1525,3 км. Викиди шкідливих речовин від сміттєвозів в день представлено в таблиці 4.3.

#### 4.2. Екологічна оцінка децентралізованої моделі поводження ТПВ

Джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на території пункту, що проектується під час його експлуатації є викиди від процесів, пов'язаних зі спалювання відходів, поводження з зольним пилом, викиди від автотранспорту під час транспортування відходів, викиди під час розвантаження відходів та завантаження золи та шлаку, які залишились після спалювання.

При децентралізованій моделі поводження з ТПВ, що пропонується протяжність маршруту транспортування скорочується на 72,3%. Це дає зменшення витрат палива і як наслідок зменшується викиди шкідливих



речовин у атмосферу від автівок, що транспортують ТПВ. Викиди шкідливих речовин від сміттєвозів в день представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4– Основні викиди шкідливих речовин, що виділяються сміттєвозами згідно розрахункового методу

Сміттєвоз	Викиди, кг/км						
	CO	NO <sub>2</sub>	CH	Зола	SO <sub>2</sub>	Формальдегід	Бензапірен
	21,36	1,9	3,6	-	0,18	0,18	$1,4 \cdot 10^{-2}$

Розрахуємо викиди від установки спалювання відходів.

Викиди включають елементи спалювання органічного палива, а також елементи, що можуть міститися в структурі відходів: оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, діоксид сірки, летючі суміші з вмістом вуглеводнів, фторвуглеводні та хлорвуглеводні, пил, важкі метали: селен, арсен, стибій, кадмій, кобальт, нікель, хром, ванадій, ртуть, діоксини та фурани.

Відпрацьовані гази виводяться в атмосферу через димову трубу. Внутрішнє покриття труби з вуглецевої сталі із захисним покриттям. У димовій трубі передбачено необхідні розтруби і поряд з нею змонтовано обладнання для зв'язку з контрольно-вимірвальним пунктом. Димова труба виконана з склопластику. Застосування інших матеріалів не можлива, оскільки температура димового газу зменшиться після проходження системи доочищення, що підвищить ризик утворення конденсату в димовій трубі з води, що міститься у відпрацьованих газах, і це може призвести до корозії вуглецевої сталі димової труби [35].

Суттєвим елементом негативних викидів в атмосферу є викиди від золи, що утворюється після спалювання. Зольний пил складається з часток, які виходять разом із димовими газами з печі, і далі крізь котел. Зола повинна зберігатися в бункері зольного пилу.

Зольний пил класифікується як небезпечні відходи, і його необхідно зберігати на звалищі в захищеному місці. Нами запропоновано постачання золи на підприємства для виробництва будівельних матеріалів. Зольний пил

подається з бункера у вантажні автомобілі для перевезення насипних вантажів в сухому стані.

Таблиця 4.5 – Радіуси зони забруднення прилеглих до території пункту сортування і переробки

Компонент	Інтенсивність викидів, М, г/с	Середньо-добові гранично допустимі концентрації, мг/м <sup>3</sup>	Радіус зони забруднення, м
Діоксид азоту	2,1	160	32,3
Оксид азоту	0,42	26	63
Діоксид сірки	0,92	50	24
Оксид вуглецю	0,86	50	18
Завислі речовини	0,16	10	4,6
Фтор	0,02	1	53
Хлористий водень	0,12	10	93
Кадмій оксид	0,003	0,055	9,1
Нікель оксид	0,001	0,055	5,8

#### Висновки до розділу 4:

1. У розділі було дано екологічну оцінку існуючій системи поводження з ТПВ. Було проаналізовано викиди від полігону та автомобілів, які транспортують ТПВ на полігон. Було складено графічну схему поширення мікрокомпонентів ЗГ, з якої встановлено, що емісія мікрокомпонентів ЗГ викликає поширення їх на десятки кілометрів від полігонів ТПВ, що свідчить про небезпеку забруднення прилеглих територій великої площі токсичними речовинами. Це зумовлює високий ризик забруднення землі, навколо полігону, водних джерел, спричинює захворюваність населення, яке проживає поблизу полігону. Виявлена небезпечна гранична концентрація шкідливих викидів від автівок, що транспортують ТПВ. У результаті встановлено необхідність рекультивациі існуючого полігону та знезараження накопичених ТПВ. Викиди від автовоз можна скоротити за рахунок скорочення рейсів та оптимізації руху.

2. Дано екологічну оцінку децентралізованому методу поводження з ТПВ. Даний метод дає змогу скороти викиди шкідливих речовин на 83%. А також скоротити зону забруднення шкідливими речовина до 100 м від центру викиду. Проаналізовано, що на 61% скорочуються викиди шкідливих речовин від сміттєвозів.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1. Загальні відомості

У даній роботі розглянуті умови праці сортувальника твердих побутових відходів на сортувальній станції.

Сортувальна станція - це закрите приміщення площею 40 на 90 метрів, в якому відбувається подача сміття на контейнер, ручний розділ і сортування.

Тверді побутові відходи (ТПВ) знаходяться на горизонтальному стрічковому транспортері, розташованому на висоті 1,5-2 м над рівнем підлоги. По боках горизонтального транспортера – робочі місця сортувальників.

Робочі місця сортувальників обладнані контейнерами для збору фракцій ТПВ, сидінням, спеціальними пристосуваннями для полегшення роботи по розбиранні сміття. До кожного робочого місту підведена витяжна вентиляція та освітлення, з використанням ламп денного світла. Також організований обігрів робочих місць для створення комфортної температури для робітників у холодну пору року.

Робочі місця на початку транспортерної стрічки призначені для вилучення з ТПВ великих складових: паперу (картону), тканини і т.п. Папір(картон), тканини, витягнуті з ТПВ поміщаються в контейнер, після наповнення якого, він злегка ущільнюється і перев'язується металевим дротом або капроною ниткою. Маса тюків, не повинна перевищувати 25 кг.

Деякі робочі місця можуть бути резервними і призначені для залучення додаткових робітників для збільшення продуктивності лінії по сортування ТПВ.

Сміття, після сортування, направляється в бункер накопичення. Після цього вивозиться до місця захоронення або компостування.

Контроль якості вторинної сировини на наявність забруднювачів здійснюється візуально працівниками, які беруть участь у сортуванні ТПВ.

## 5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При поводженні з твердими побутовими відходами (ТПВ) працівник піддається дії таких небезпечних та шкідливих факторів :

- Хімічні фактори:
  - підвищений рівень сірчаного газів у повітрі робочої зони і в зоні дихання.
  - всі шкідливі речовини та їх аналіз представлено у табл.1
- Фізичні:
  - підвищена запиленість повітря робочої зони;
  - викиди речовин з неприємним запахом (сірководню, аміаку, меркаптанів) на полігонах, сміттесортувальних лініях та компостувальних
  - шум від транспортних засобів та устаткування для подрібнення ТПВ на сміттесортувальних та компостувальних лініях;
  - вплив магнітного поля (для робітників, які сортують метал)
  - підвищений рівень шуму від обладнання; недостатня освітленість робочого місця;
- Психофізіологічні фактори:
  - фізичне перенавантаження статична перенапруга, динамічна перенапруга;
  - нервово-психічне перенавантаження напруження зорових аналізаторів, нервово-емоційне напруження.

Таблиця 5.1 – Аналіз хімічних факторів

Назва підприємства	Назва забруднюючих речовин	Сфакт, мг/куб.м	Викид за рік	Область
Полігон ТПВ	Сірчаний газ	0,7	т/рік	Вінницька
	Сірководень	0,06	33,1253	

Продовження табл.5.1

	Окис вуглецю	4,9	5,1843	
	Пил нетоксичний	2,7	0,60898	
	Сажа	0,2	66,376	
	Діоксид азоту	0,1	0,0304	
	Хлорбензол	0,00397	$3,38 \cdot 10^{-8}$	
	Хлористий вуглець	0,139	6,265	
	Ртуть	$0,32 \cdot 10^{-7}$	111,0589	
	Метан	0,2077		
	Аміак	0,01246		

Численні небезпечні сполуки та речовини, які виділяються і розповсюджуються у довкілля при горінні сміття та їх вплив на людський організм та рослинність наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вплив небезпечних сполук, які виділяються при горінні сміття, на організм людини

№	п/п	Небезпечна
1	Хлорбензол	Різка погіршення стану: частішає дихання, сильний кашель, головний біль, часте дихання, почастишання пульсу, біль в серці, слабкість і задуха.
2	Хлористий вуглець	Викликає почастишання дихання, судинорозширювальну дію, зрушення рН крові, підвищення рівня адреналіну.
3	Окис вуглецю	Порушення доставки кисню до тканин організму.
4	Ртуть	Спричиняє сильну подразнюючу і обпікаючу дію на слизові оболонки. Викликає сльозотечу і біль в очах, задуху, сильні напади кашлю, запаморочення, блювоту, набряки голосових зв'язок і легенів.
5	Метан	Знижує можливість орієнтації людини: стикаючись з вологим очним яблуком, перетворюється в соляну кислоту. Викликає спазми дихання, запальні набряки і, як наслідок, порушення функції дихання.
6	Аміак	Викликає порушення тканинного дихання, параліч нервових центрів.
7	Пил нетоксичний	Викликає утворення виразок на слизових оболонках очей і дихальних шляхів, носові кровотечі, спазм гортані і бронхів, ураження ЦНС, печінки. Спостерігається серцево-судинна недостатність.
8	Сажа	киснева недостатність організму, обумовлену ураженням дих. шляхів.
9	Діоксид азоту	Легке запаморочення, припливи крові до голови, нудота, блювота, уповільнення пульсу, втрата свідомості, набряк легенів. Іноді відзначається сильне запаморочення і дезорієнтація.
10	Сірчистий газ	Викликає кашель, носові кровотечі, спазм бронхів, порушує обмінні процеси, сприяє утворенню метгемоглобіну в крові, діє на кровотворні органи.
11	Сірководень	Подразнення очей і дихальних шляхів. Поява судом, втрата свідомості.



Продовження табл. 5.3

2	Вібрація / загальна і локальна /, м/с <sup>2</sup>	-	-		-	-	-	-		
3	Шум (еквівалентний), дБА ( стрічковий конвеєр)	45	75				+			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	Інфразвук, Гц/дБ	-	-		-	-	-	-		
5	Ультразвук, кГц/дБ (установка для дезактивації металевих РАВ)	12,5/80	12,5/30							Доп.
6	Електромагнітне випромінювання, МГц - В/м (валковий електромагнітний сепаратор)	18/20	18/30		+					
7	Постійне магнітне поле, кВ/м ( магнітний сепаратор)	22,5	5							Доп.
8	Електричне поле, кА/м									
9	Мікроклімат у приміщенні: - температура повітря (теплий/холодний), °С	<u>21-28</u> 20-24	<u>27</u> 20		-/-	-/-	-/-	-/-		Доп / Доп.
	- швидкість руху повітря (теплий/холодний), м/с	<u>0,2 (0,1-0,3)</u> 0,1 (≤0,2)	0		+					Доп. (хол.)
	- відносна вологість повітря (теплий/холодний), %	40-60	55		-	-	-	-		Опт.
10	Освітлення - природне, % - штучне, Лк	1,74 1250	15 300		-	-	-	-		Доп. (прир одне)
11	Іонізуюче випромінювання, мЗв	1,0<E≤2,0	0,2							Опт.
12	<b>Важкість праці: легка</b>									
12.1	Фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг-м									
12.1.1	При регіональному навантаженні (з переважаючою участю м'язів рук та плечового поясу) при переміщенні вантажу на відстань до 1 м	до 2500 до 5000	15							

12.1. 2	При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, ніг, корпусу) при переміщенні вантажу на відстань від 1 до 5 м	до 12500 до 46000	3						
------------	---	----------------------	---	--	--	--	--	--	--



Продовження табл. 5.3

12.2	Маса вантажу, що підіймається та переміщується, кг									
12.2.1	Підіймання та переміщення (разове) вантажів при чергуванні з іншою роботою (до 2 разів на годину)	до 15 до 30	0,5							
12.2.2	Підіймання та переміщення вантажів постійно протягом робочої зміни	до 5 до 15	0,15							
12.2.3	Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом зміни: • з робочої поверхні • з підлоги	до 870 до 435	30 0							
12.3	Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну)									
12.3.1	При локальному навантаженні	до 20000	300							
12.3.2	При регіональному навантаженні	до 10000	0							
12.4	Статичне навантаження • однією рукою • двома руками • за участю м'язів корпусу та ніг	до 18000 до 36000 до 43000	500 250 0							
12.5	Робоча поза	вільна, зручна								Доп.
12.6	Нахили тулуба	до 50	10							
12.7	Переміщення в просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом), км	до 4	0,1							
	<b>Загальна оцінка важкості праці</b>									Доп.
13	<b>Напруженість праці:</b>									
13.1	Інтелектуальні навантаження									
13.1.1	Зміст роботи	Рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією								
13.1.2	Сприймання сигналів та їх оцінка	Сприймання сигналів, але немає потреби в корекції дії								

Продовження табл. 5.3

13.1.3	Ступінь складності завдання	Обробка та виконання завдання								
13.1.4	Характер виконуваної роботи	Робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням по ходу діяльності								
13.2	Сенсорні навантаження									
13.2.1	Тривалість зосередженого спостереження	>75	80			+				
13.2.2	Щільність сигналів за 1 год	до 75	60							
13.2.3	Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	до 5	2							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13.2.4	Навантаження на зоровий аналізатор									
13.2.4.1	Розмір об'єкта розрізнення	0,3-1	0,5		+					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13.2.4.2	Робота з оптичними приладами	25	0							
13.2.4.3	Спостереження за екранами відеотерміналів	до 2	0							
13.2.5	Навантаження на слуховий аналізатор	100 до 90	95							
13.3	Емоційне навантаження									
13.3.1	Ступінь відповідальності	Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль у роботі з боку працівника								
13.3.2	Ступінь ризику для власного життя	Виключений								
13.3.3	Ступінь ризику за безпеку інших осіб	Виключений								
13.4	Монотонність навантажень									
13.4.1	Кількість елементів у багаторазово повторюваних операціях	6-9	5							
13.4.2	Тривалість виконання операцій, що повторюються	25-100	30							
13.5	Режим праці									
13.5.1	Змінність роботи	Однозмінна								

Робоче місце атестовано за другим ступенем небезпеки

Гігієнічна оцінка умов праці: підвищена концентрація хлорбензолу, сірчаного газу, метану та пилу – 2ст., підвищена напруженість електромагнітного поля – 1ст., знижена температура в холодний період року – 1 ст., низька швидкість руху повітря в теплий період року

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам

#### 5.4. Пожежна безпека

За ступенем токсичності всі міські відходи, які сортуються на станції поділяються на класи небезпеки:

III клас – помірно небезпечні,

IV клас – мало небезпечні.

Інформація про рух небезпечних відходів за класами небезпеки в м. Вінниця за 2013 рік відображена в наведеній нижче таблиці.

Таблиця 5.4 – Небезпечні відходи у м. Вінниця

Клас Небезпеки	Рух відходів у 2013 році, тонн					Наявність відходів на 01.01.2013 у сховищах на територіях підприємств міста, тонн
	Фактично утворилося відходів на підприєм- ствах, тонн	Передано іншим підприєм- ствам, тонн	Викори- стано відходів, тонн	Знешк о- джено відход ів, тонн	Одержано відходів від інших підприємс тв, тонн	
3 клас	989,590	8,5	105,490	-	-	7813,9
4 клас	49338,810	3780,16	40333,62 4	-	-	16791472,11
Усього відходів	50403,210	3958,564	40464,85 3	-	131,366	16800533,07

Санітарні правила СП 2.1.7.3397-85 встановлюють, що на сортувальних станціях ТПВ допускається розмішати промислові відходи з вологістю до 85%,

безпечні у вибухопочному відношенні, токсичність водної витяжки яких (1 л з 1 кг) не перевищує токсичності фільтрату ТПВ.

Сортуванню піддаються відходи 3 та 4 класу.

Токсичні промвідходів 4 класу небезпеки, що задовольняють вимогам, можуть прийматися на станції ТПВ в необмеженій кількості.

ТПВ 3 класу небезпеки приймають в обмежених кількостях, змішують з твердими побутовими відходами в такому співвідношенні, щоб водна витяжка з суміші була не токсичніша фільтрату ТПВ.

В майбутньому, в ході експлуатації станції може виникнути ризик, пов'язаний із спалюванням комунально-побутових відходів, аналогічний ризикам, які можна чекати при згоранні інших видів твердого палива.

Так, пожежна безпека сортувальної станції з відходів буде забезпечена влаштуванням наступних систем виявлення та запобігання пожежі:

- пожежної сигналізації;
- оповіщення та управління евакуацією під час пожежі;
- внутрішнього пожежогасіння;
- зовнішнього пожежогасіння.

З метою запобігання небезпеці пожежі та вибуху бункер для відходів буде оснащений піно-водяними лафетними стволами 2х20 л/с. В зв'язку з тим, що на ділянці, де буде розташовано станція, може накопичуватись велика кількість пилу, необхідно передбачити спеціальні заходи для зниження можливості накопичення пилу та вибухів пилу.

Споруди та приміщення будуть, у разі необхідності, розділені пожежними перегородками та стінами.

Необхідний протипожежний запас води на потреби зовнішнього 90 л/с, внутрішнього пожежогасіння 2х2,5 л/с буде зберігатись в 2-х об'єднаних резервуарах загальним об'ємом 1500 м<sup>3</sup>(2х750 м<sup>3</sup>).

Розрахунковий час гасіння пожежі – 3 години.

Необхідний тиск в системах пожежогасіння буде підтримуватись насосним обладнанням, яке буде встановлене в насосній станції госп-питного та протипожежного водопостачання.

За ступенем ризику щодо виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру, а також ризику для здоров'я людей та оточуючого середовища сортувальна станція відноситься до низького ступеню.

### 5.5 Розрахунок викидів шкідливих речовин (сірчаного газу)

Визначимо фактичну масу річного викиду і-тої домішки забруднюючої речовини в атмосферу за формулою:

$$M_{\text{факт}} = (C_{\text{факт.}} \times H^2 \times \sqrt[3]{V_1 \times (t_1 - t_2)}) / (A \times \Phi) \times T$$

Де  $C_{\text{факт.}}$  - фактична концентрація забруднюючої речовини, г/куб.м;  $H$  - висота труби, м;  $V_1$  - об'єм викиду, м.куб/с;  $t_1$  - температура викиду, °С;  $t_2$  - температура атмосферного повітря для найтеплішого місяця року в даній місцевості;  $A$  - коефіцієнт, що враховує частоту температурних інверсій даної місцевості (для умов України  $A=160$ );  $\Phi$  - коефіцієнт швидкості осідання часток в атмосфері (для газів - 1.0; для парів - 2,0; для пилу - 3 .0);  $T$  - число секунд в році.

$$M_{\text{факт.}} (\text{Сірчаний газ}) = (0,7 \times 10^{-3} \times 30^2 \times \sqrt[3]{900 \times (85 - 22,5)}) / (160 \times 1) \times 31,5 \times 10^6 = 2,33 \text{ (т/рік)}$$

Визначимо масу максимально допустимого викиду. Знаходимо за формулою:

$$M_{\text{ГДК}} = (C_{\text{м}} \times H^2 \times \sqrt[3]{V_1 \times (t_1 - t_2)}) / (A \times \Phi) \times T$$

де  $C_{\text{м}}$  - максимальна разова ГДК забруднюючої речовини, г/м. куб.

$$M_{\text{ГДК}} (\text{Сірчаний газ}) = (0,008 \times 10^{-3} \times 30^2 \times \sqrt[3]{900 \times (85 - 22,5)}) / (160 \times 1) \times 31,5 \times 10^6 = 0,03 \text{ (т/рік)}$$

Знаходимо масу над лімітних викидів забруднюючих речовин в атмосферу:

$$M_{\text{нл}} = M_{\text{факт}} - M_{\text{ГДК}}, \text{ т/рік}$$

$$M_{\text{нл}} (\text{Сірчаний газ}) = 2,3 \text{ (т/рік)}$$

Оскільки у результаті розрахунку отримали значне перевищення сірчаного газу, можемо зробити висновок про необхідність очистки повітря. Сірчаний газ є одним з компонентів суміші звалищного газу (ЗГ). Для очистки від сірчаного газу є необхідність будівництва установки для збирання та утилізації ЗГ.

До складу установки утилізації ЗГ входить система збору ЗГ, яка забезпечує збір та відведення газів, система очистки газу, яка як мінімум забезпечує видалення осадів і вологи, а також система генерації енергії, яка виробляє електроенергію і тепло шляхом спалювання газу.

Система збору ЗГ включає велику кількість свердловин, з'єднаних з системою відвідного трубопроводу, яким газ надходить до головного колектору.

Підбір системи збору ЗГ залежить від об'ємів накопичення ТПВ на полігоні. Для полігону біля с. Стадниця ( об'єм 13 тис. т ТПВ) рекомендована установки потужністю 1.6 МВт на базі поршневого двигуна, для роботи якої необхідно 12,000 м<sup>3</sup> ЗГ на добу .

## Висновки до розділу 5

1. В даній роботі було проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що впливають на працівників під час сортувальних робіт. Складено карту умов праці в якій вказані нормовані та розрахункові значення небезпечних та шкідливих факторів, і визначено, які з них перевищують норму, а саме: сірчаний газ, метан, пил, хлорбензол, температура повітря, електромагнітне поле.

2. Надані рекомендації щодо покращення умов праці, а також приведені розрахунок викидів сірчаного газу, у атмосферу під час сортування. Викиди сірчаного газу, метан, пил, хлорбензол перевищують допустимі максимально разові викиди.

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі отримано нові результати по схемі санітарної очистки міста Вінниця, які у сукупності розв'язують актуальне наукове завдання міського господарства та екологічної безпеки. Було виявлено залежність обсягів накопичення ТПВ ( нормативну) згідно існуючих методик, досліджено залежність фізико-хімічних властивостей та морфологічного складу ТПВ від впливу соціально - еколого - економічних чинників. Результати дослідження для міста Вінниця дадуть в майбутньому змогу прогнозувати динаміку утворення твердих побутових відходів, враховуючи ріст населення міста, зміну росту благополуччя населення, зміну температурного режиму, оскільки було проведено дослідження взмку і весною. Рекомендаційна модель поводження з ТПВ повинна уможливити безпечні процеси транспортування ТПВ, суттєво поліпшити еколого-економічні показники міста.

1. Аналіз сучасного стану діючої системи управління твердими побутовими відходами в Україні та світі показав, що основними причинами зростання обсягів забруднення навколишнього середовища від твердих побутових відходів є відсутність якісної системи управління в сфері поводження з ТПВ, особливо застаріла схема збирання та транспортування відходів. Сучасна модель поводження з ТПВ не відповідає счасним вимогам. За останні десятиліття метод поводження з ТПВ не змінився, але морфологічний склад відходів та його фізико – механічні характеристики зазнали суттєвих змін. Відсутня система прогнозування утворення обсягів ТПВ, що вкрай помилково, оскільки склад та кількість ТПВ у кожному місті індивідуальний. Існуючий нормативний розрахунок обсягів не диференційований. Вважається, що він універсальний як для міст Півночі, так і міст Півдня. Але морфологічний склад для різних міст України різний. Тому твердження про універсальність показників і об'ємів ТПВ є хибним.

2. У роботі було встановлено залежність обсягів накопичення ТПВ від

чисельності населення, грошових доходів громадян. А також залежність утворення ресурс оцінних компонентів у загальній структурі ТПВ, що впливає на моніторинг та аналіз утворення об'ємів ТПВ.

Було розроблено в програмному комплексі Excel на основі даних зразків спостережень за ТПВ восьми сімей міста Вінниця залежність. Її результати було порівняно з встановленим складом ТПВ міста, які представлені. Встановлено, що морфологічний склад ТПВ з урахуванням 90-100 % вологості, ТПВ складає: органічні відходи – 46,1 %; макулатура – 14,8 % , пластмаса – 27,19 %. Фактор сезонності, тобто періоди пікового навантаження враховувалися при проектуванні системи утилізації ТПВ.

3. Було запропоновано рекомендаційну модель поводження з ТПВ, яка передбачає децентралізацію пунктів утилізації сміття. Упровадження даної системи планування і організації транспортування і утилізації ТПВ дасть змогу зменшити пробіг смітєвозів, їх кількість, час навантаження, чисельність працюючих і зменшити річні витрати за рахунок зменшення сумарного пробігу, витрат на пальне, амортизацію. Також децентралізація пунктів утилізації покращить екологічну ситуацію міста і регіону вцілому, оскільки ТПВ будуть сортуватись і утилізуватись, а не піддаватись захороненню. Таким чином ми уникнемо екологічного колапсу на полігоні ТПВ, і зменшимо витрати на утилізацію.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дудар І.Н. Проблеми збирання та переробки сміття в містах / І.Н. Дудар, О.М. Смоляк // Містобудування та територіальне планування. - 2006. - № 24. - С.35-39.
2. Яворовська О.В. Організаційно економічне забезпечення поводження з ТПВ у малих містах України / О.В. Яворовська// Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - 2014. - № 35. -С.308-313.
3. Яворовська О.В. Аналіз методів отримання альтернативної енергії в житлово – комунальному секторі міста / О.В. Яворовська// Містобудування та територіальне планування. - 2014. - № 51. -С.705-713.
4. Андрейченко А.А. Перспективы использования полимеров в народном хозяйстве / А.А. Андрейченко, К. Мадрахимов, Г.П. Овчинникова // Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология: доклады междунар. конф. «Композит- 2004». Саратов, 6-9 июля 2004 г. - Саратов: СГТУ, 2004. - С. 138-139.
5. Абрамович И. Не сжигать мусор, а вывозить / И. Абрамович // Время. - 2001.-№29. -С. 2.
6. Абрамов Н.Ф. Проблема управления твердыми бытовыми отходами в Москве/ Н.Ф. Абрамов, Л.Г. Юдин // Управление твердыми бытовыми отходами в Московском регионе: сегодня и завтра. - М., 2000. - № 1. - С. 48-51.
- 7.Абрамов Н.Ф. Санитарная очистка территорий от бытовых отходов / Н.Ф. Абрамов // Твердые бытовые отходы. - 2007. - № 7. - С. 10-13.
8. Алимов А. Использование возможностей логистики в модернизации работы с отходами производства (логистика отходов)/ А. Алимов // РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. - 2009. -№ 1. - С. 37-39.
9. Артамонов В.С. Причины возникновения пожаров на полигонах ТБО/ В.С. Артамонов, Ю.М. Лихачев, Т.К. Ивахнюк, А.Р. Сай. // Вестник Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России. - 2005 - № 4 - С. 14-19.

10. Бабанин И.В. Организация селективного сбора отходов. Методические рекомендации / И.В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. - 2009. - №9. - С. 10-17.

11. Байцар Р.І. Екологічні аспекти соціальної відповідальності в частині промислових відходів / Р.І. Байцар, Х.І. Депко // Мастер. IV Міжнар. конф. «Стратегия качества в промышленности и образовании». - Варна, Болгария, 2008. - № 1. - С. 59-61.

12. Барвелл Ф. Автоматика и управление на транспорте: [учебное пособие] / Ф. Барвелл. - М.: Транспорт, 1991. - 367 с.

13. Батурич А.П. Оптимальное развитие транспортных систем: [учебное пособие]: / А.П. Батурич. - М.: Транспорт, 1991. - 176 с.

14. Безбородов В. А. Совершенствование системы управления обращением ТБО (на примере городского хозяйства Москвы): автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. экон. наук. / В.А. Безбородов. - Москва, 2002. - 24 с.

15. Беляев И.П. Индикаторы качества окружающей среды. Экология большого города: [учебное пособие] / И.П. Беляев, Е.И. Упырев. - М.: Прима- Пресс, 1996. - 146 с.

16. Бондар І.Л. Екологічні аспекта впливу твердих побутових відходів різного морфологічного складу на довкілля / І.Л. Бондар // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сб. - К.: Техніка, 2002. - Вып. 36. - С. 222-226. - (Серия «Архитектура и технические науки»), - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://eprints.ksame.kharkov.ua/4401/>.

17. Бондарь И.Л. Исследование морфологического состава твердых бытовых отходов, образующихся в жилой застройке и на предприятиях г. Харькова /

И.Л. Бондарь // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. - К.: Техніка, 2001.-Вып. 29.-С. 102-105.

18. Боровик Г.А. Муниципальные программы по разделному сбору ТБО / Г.А. Боровик // Методы решения экологических проблем. - Сумы: ИТД «Университетская книга», 2001. - С. 372-384.

19. Буряковская Т. Когда же исчезнут свалки из частного сектора / Т. Буряковская // Время. - 2007. - № 195. - С. 12-16.
20. Буряковская Т. Оказывается, в Германии мусор иногда тоже не вывозят / Т. Буряковская // Время. - 2004. - № 98. - С. 23-28.
21. Бытовые проблемы больших городов. Зарубежный опыт их использования. / [Куркин П.Ю., Ларионов В.Г., Скрыпников М.Н., Шершнева Е.С.]. - Москва, 2000. - 38 с.
22. Вайсман, Я.И. Полигоны депонирования твердых бытовых отходов. / Я.И. Вайсман, В.Н. Коротаев, Ю.В. Петров. - Пермь: Пермский гос. техн. ун-т., 2001- 150 с
23. Відходи в доходи: датські новації. Проблеми з утилізацією сміття та побутових відходів // Урядовий кур'єр. - 2007. - № 185. - С. 6.
24. Вік С. Сміттєвий безкрай Харківського масштабу: Проблеми ліквідації твердих побутових відходів / С. Вік // Дзеркало тижня. - 2003. - № 8. - С. 15-17.
25. Воронков А Г. Исследование физико-механических свойств полимеров и полимерных композитов: [лабораторные работы] / А.Г. Воронков, В.П. Ярцев. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. - 28 с.
26. Вторичная переработка пластмасс: структура и свойства, добавки, оборудование, применение / [под ред. Ф. Мантия]. - С.-Пб.: Профессия, 2006. - 400 с.
27. Гагарина М.В. Развитие предприятий, решающих проблему утилизации ТБО в Северо-Западном Казахстане/ М.В. Гагарина // Вестник Костанайского государственного университета им. А. Байтурсынова, 2-я Международная конференция «Региональные проблемы интеграционных процессов в условиях рыночной экономики», ноябрь, 2001 г. - Костанай, 2001. - № 4-3. - Том I. - С. 14-19.
28. Гедройц Г. Методы оценки составов твердых отходов для планирования обработки и удаления этих отходов. / Г. Гедройц // Семинар по проблеме сбора, удаления, обработки и повторного использования твердых отходов, 1-6 сентября, 1975. - Гамбург, 1975. - С. 33-39.

29. Годовська Т.Б. Екологістика та еколого-гігієнічний аналіз впливу на довкілля полігону ТПВ м. Вінниця [Електронний ресурс] / [Годовська Т.Б., Фещенко В.П.] // Збірник наукових статей «III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю». - Вінниця, 2011. - Том.1. - С.57-60. Режим доступу: <http://eco.com.ua/>.

30.Тарнавський Т.Б. Еколого-економічний аналіз менеджменту твердих побутових відходів на прикладі Вінницької області. / Т.Б. Тарнавський, Л.П. Севастянов, // Вісник ВНАЕУ. - Вінниця, 2010. - №2. - С. 25-26.

31. Горох Н.П. Экологическая оценка вредных веществ при комплексной утилизации муниципальных отходов / Н.П. Горох // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сб. - К.: Техніка, 2005. - Вып. 63. - С. 172-181.

32. Гринин А. С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка: [учеб. пособие] / А.С. Гринин, В.Н. Новиков. - М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002 -332 с.

33. Гуцайлюк З.В. Учет производственных отходов: проблемы методики и организации. / З.В. Гуцайлюк // Бухгалтерский учет и аудит. - 2004. - № 3. - С. 9-12.

34. Депко Х.І. Міжнародне і національне законодавство у сфері управління твердими відходами. / Х.І. Депко, Р.І. Байцар // Матер, науково-технічної конференції «Полігони твердих побутових відходів: проектування та експлуатація, вимоги Європейського Союзу, Кіотський протокол». - Славська, 2008.-С. 157-162.

35. Дмитрів, І. Гудрони: Україну хочуть обернути на великий європейський смітник / І. Дмитрів // Демокр. Україна. – 2004. – № 108. – 31 серпня. – С. 8.

36. Жилинская Я.А. Исследование морфологического и фракционного состава ТБО мегаполиса. / Я.А. Жилинская, Н.Ф. Абрамов, С.В. Архипов, М.В. Карелин // Отходы: экология, технология, ресурсосбережение:шестого международного форума по управлению отходами и природоохраным технологиям «Вэйстэк-2009»: сборник статей. - М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2009. - С. 7-11.

37. Журкович В.В. Отходы: научно и учебно-методическое справочное пособие. / В.В. Журкович, А.И. Потапов. - С-Пб.: Гуманистика, 2001. - 580 с.
38. Закон України “Про відходи” від 5 березня 1998 р. // Відомості Верховної Ради України. - 1998. - № 36-37. - С. 242-256.
39. Збірник нормативно-методичних документів у сфері поводження з відходами. - Харків: НДП «Енергосталь», 1999. - 162 с.
40. Звіт про роботу комунального автотранспортного підприємства та стан вивозу твердих побутових відходів \ Рішення виконавчого комітету Вінницької міської ради від 26.10.06 № 769. - Вінниця, 2006. -5 с.
41. Ігнатенко О.П. Економіко-екологічні аспекти поводження з твердими побутовими відходами в Україні: дис. на здобуття наук. ступ. канд. екон. наук: 08.08.01 / Ігнатенко Олександр Павлович // НАН України; Рада по вивченню продуктивних сил України. - К., 2004. - 205 с.
42. Клименко О.М. Превратим отходы в доходы / О.М. Клименко // Слобода. -2005.-№63.-С. 5-7.
43. Коломієць П. Хто зупинить сміттевий потоп? (Екологія): тверді побутові відходи / П. Коломієць // Науковий світ. - 2003. - № 4. - С. 26-27.
44. Коринько И.В. Проблемы и перспективы комплексной утилизации твердых бытовых отходов / И.В. Коринько, Н.П. Горох, С.С. Пилиграмм // Екологія та виробництво. - Харків: Сфера, 2002. - С. 94- 102.
45. Коринько И.В. Система мониторинга источников использованной тары и упаковки как вторичного сырья Харьковского региона / И.В. Коринько, Н.П. Горох, С.С. Пилиграмм. // Екологія та виробництво. - Харків: Сфера, 2002. -С. 57-61.
46. Корнякова Н.О. До питання юридичного визначення поняття “відходи” // Збірник тез міжнародної наукової конференції молодих учених “Другі осінні юридичні читання”, Хмельницький університет управління та права, Хмельницький, 14-15 листопада 2003 року. - Хмельницький, 2003. - С. 185-187.
47. Кульчицька-Жигайло ЛІ. Стандарта ЄС та чинні в Україні норми і

правила проектування та експлуатації полігонів твердих побутових відходів / Л. Кульчицька-Жигайло // Матер, науково-технічної конференції «Полігони твердих побутових відходів: проектування та експлуатація, вимоги Європейського Союзу, Кіотський протокол». - Славська, Україна, 2008. - С. 145—155.

48. Куркин П.Ю. Организация переработки и использования твердых бытовых отходов: опыт США и проблемы России: диссертация на соискание ученой степени канд. экон. наук: 08.00.14 / Куркин Петр Юрьевич. - Москва, 2000. - 240 с.

49. Куркин П. Ю. Организация переработки и использования ТБО опыт США и проблемы России: автореф. дисс. кан. экон. наук. / Куркин Петр Юрьевич. - Москва, 2000. - 28 с.

50. Лисенко Л.В. Екологія європейського рівня: критерій самосвідомості. Експеримент у Харкові по збиранню відходів роздільно / Л.В. Лисенко // Україна: аспекти праці. - 2005. - № 8. - С. 70-75.

51. Лотоцький О. Б. Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні - шлях до стабільного майбутнього // О.Б. Лотоцький, Ионас Бістром // Сборник докладов международного конгресса «ЭТЕВК-2005». Экология, технология, экономика, водоснабжение, канализация, 24-27 мая, 2005 года. - Ялта, 2005. - С. 47-51.

52. Лученко Ф. Роздільне збирання твердих побутових відходів: практика впровадження / Ф. Лученко // Аспекти самоврядування. - 2006. - № 2. - С. 36-39.

53. Марциновський А. Сміття: японський підхід: Проблеми утилізації і переробки / А. Марциновський // Голос України. - 2001. - № 138. - С. 10-15.

54. Міщенко В.С. Відходи як індикатори природоохоронної діяльності / В.С. Міщенко, Г.П. Виговська // Экология и промышленность. - 2005. - № 4. - С. 15.

55. Мороз О.В. Економічні аспекта вирішення екологічних проблем утилізації твердих побутових відходів: [Монографія] / О.В. Мороз, А.О.

Свентух, О.Т.Свентух. - Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2003. - 110 с.

56. Мюррей Р. Цель - Zero Waste. / Р. Мюррей. [Перев. с англ. Горняцкого В.О.] - М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2004. - 232 с.

57. Нагребецька І. Ірпінський експеримент - відходи. Збирання, переробки та утилізації використаної упаковки, твердих побутових відходів як вторинної сировини /І. Нагребецька // Урядовий кур'єр. - 2006. - № 139. - С. 5-8.

58. Наркевич И.П. Утилизация отходов технологии органических веществ. / И.П. Наркевич, В.В. Печковский - М.: Химия, 1984. - 198 с.

59. Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні: Звіт про існуючу ситуацію в секторі та стратегічні питання / Данське екологічне співробітництво з країнами Східної Європи (DANCEE), Міністерство навколишнього середовища, Данія, Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства; № 59219 R1. - К., 2004. - 220 с.

60. Национальная стратегия Украины по управлению муниципальными твердыми отходами // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов : обзор, информ. / ВИНТИ. - 2006. - № 1. - С. 3-71.

61. Обращение с твердыми коммунальными и промышленными отходами / [Лихачев Ю.М., Г.К. Ивахнюк, И.С.Масленникова, К. А. Галуткина, А.В.Гарабаджиу, Д.Ю.Лихачев, И.С. Пегова, М.Я.Федашко]. - С-Пб.. Менделеев,2004 - 288 с.

62. Опыт внедрения новых технологий в обращении твёрдых бытовых отходов. / В.В. Журкович, Г.А. Сергеева, Г.А. Денисов, Л.В. Рыбкин. - С-Пб. МАНЭБ, 2000.- 100 с.

63. Оспищев В.И. Организация утилизации отходов производства и потребления / В.И. Оспищев // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сб.

К.: Техніка, 2002.-Вып. 37. - С. 94-101.

64. Оспищев В.И. Факторы, влияющие на сбор и утилизацию отходов / А.И. Оспищев // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сб. - К.: Техніка, 2001.-Вып. 52.-С. 51-55.

65. Павленко М. Отходы - это не только отходы: система утилизации твердых бытовых отходов, ориентированная на уменьшение нагрузки на окружающую среду, является профилем немецкой компании Шеффер (SSI Schdier) / М. Павленко // Слобода. - 2004. - № 10. - С. 3-8.

66. Паенк Т. Законодательство Европейского Союза в области утилизации осадков / Т. Паенк // Водоснабжение и санитарная техника. -2003. -№ 1. -С. 37-41.

67. Парфенюк А.С. Альтернативное решение проблемы твердых бытовых отходов в Украине / А.С. Парфенюк, С.И. Антонюк, А.А. Топоров. // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2002. - № 4. - С. 36-41.

68. Пашенцев О.І. Сучасній стані методи управління екологічною безпекою Криму. [Монографія]. / О.І. Пашенцев. - Сімферополь: Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2006. - 256 с.

69. Постанова Верховної Ради України “Про стан законодавства у сфері поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення” від 6 жовтня 2005 р. № 2967 // Відомості Верховної Ради України. - 2005. - № 49. - Ст. 525-545.

70. Про затвердження норм утворення твердих побутових відходів \\\ Рішення виконавчого комітету Вінницької міської ради від 15.03.07. № 1882.- В.,2007.-8 с.

71. Про розроблення загальнодержавної Програми поводження з небезпечними відходами: Постанова Верховної Ради України від 3 квітня 2007 р. 854-V // Голос України. - 2007. - № 96. - С. 5-43.

72. Про стан виконання законодавства у сфері поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення: Постанова Верховної Ради України від 6 жовтня 2005 р. № 2967-IV // Голос України. - 2005. - № 199. - С. 12-18.

73. Пустовіт Н.А. Натисни на сміття! Робочий зошит для учнів 6-9 класів. / Н.А. Пустовіт- К.: "Імідж-прінт", 2005. - 36 с.

74. Савуляк В.І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів: монографія./ В.І. Савуляк,



О.В.Березюк. - Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2006. -218 с.

75. Санитарные правила по сбору, хранению, транспортировке и первичной обработке вторсырья. СанПиН 2524-82. Минздрав СССР, 22.01.82.

76. Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения не утилизируемых промышленных отходов. М.: Минздрав, 1977.-28 с.

77. Сапожникова Г. Выбрасывать с умом / Г. Сапожникова // Отечественные записки. - М., 2007. - № 2. - С. 107-114.

78.Сарбаев А.В. Эколого-экономические аспекты утилизации отходов в муниципальном образовании. / А.В. Сарбаев, Т.А. Закирова // Инновация, как объективный фактор развития национальной экономики: материалы Всеросс.науч.-прак.

79. Сборник статей и информмакионных материалов по технологиям переработки мунципальных отходов [Т. Филкова, Т. Мусуралиев, М. Рогожин, О. Элеманов, М. Ильязов]. - Бишкек: 2006. - 255 с.

80.Сингаевский И.О. Сырьевые ресурсы провольственных комплексов. / Сингаевский И.О. - К.:Вища школа, 1982. - 224 с.

81. Состояние вопроса об отходах и современные способах их переработки: [учебное пособие]. / [Т.К. Лобачева и др.]. - Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005.- 176 с.

82. Тараненко М. Сміття місту не пасує: наведення порядку з вивезенням сміття з Харкова / М. Тараненко // Слобідський край. - 2006. - № 83. - С. 2-9.

83. Твердые бытовые отходы как энергетическое топливо. Инженерная защита окружающей среды. / [Гонопольский А.М. и др.]. - М.: МГУИЭ, 2002 - 244 с.

84. Твердые бытовые отходы. Проблемы и решения. Технологии, оборудование. / [А.М. Касимов, В.Т. Семенов, А.Н. Александров, А.М. Коваленко]. - Харьков: ХНАГХ, 2006. - 301 с.

85. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка. / [А.А. Дрейер, А.Н. Сачков, К.С. Никольский, Ю.И. Маринин, А.В. Миронов]. - М., 1997.-237с.

86. Черп О.М. Проблема твердых бытовых отходов: комплексный подход / О.М. Черп, В.Н. Виниченко. - М.: Эколайн, 1996. - 69 с.
87. Чечета А.П. Экономия материальных ресурсов: пути совершенствования учета и анализа / А.П. Чечета - М.: Финансы и статистика, 1983.- 176 с.
88. Чистая Россия - 2002. Обращение с отходами - проблемы и решения XXI века // Техника для городского хозяйства. - 2003. - № 1. - С. 44^19.
89. Шекель А.И. Стан та перспективи розвитку сфери поводження з твердими побутовими відходами / А.И. Шекель // Тр. Междунар. конф. “Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація” (ЕТЕВК - 2005). - Ялта, 2004 -С. 80-93.
90. Шершнев Е. С. Масштабы, структура и проблемы утилизации городских мусорных свалок. / Е.С. Шершнев, В.Г. Ларионов, П.Ю. Куркин // Экология и промышленность России. - М., 1999. - С. 29-32.
91. Шпильфогель П.В. Экологические аспекты утилизации бытовых отходов / П.В. Шпильфогель, Н.М.Новикова, Р.Е.Цинман. // Экологическая технология и очистка промышленных выбросов: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: изд. ЛТИ им. Ленсовета, 1980. - С. 89-94.
92. Шубова А.Я. Аргументы и факты политики управления отходами/ А.Я. Шубова // Твердые бытовые отходы. - М., 2009. - № 5. - С. 14-21.
93. Экология города // Под общ. ред. Ф.Стольберга - К.: Либра, 2000. – 354 с.
94. Юфит С.С. Мусоросжигательные заводы - помойка на небе. / С.С. Юфит - Н. Новгород: НГНЛ, 1999. - 250 с.
95. Albemi Environmental Coalition. [Электронный ресурс] // Minister of Supply Services. - Canada 1991 - Режим доступа до матеріалів: [http://www.portaec.net/library/recycling/recycling\\_in\\_canada.html](http://www.portaec.net/library/recycling/recycling_in_canada.html).
96. Crittenden, Guy. EPR spotlight - Canada-wide EPR action plan. Solid waste magazine. - April/May, 2009. - P.7-23.
97. Jackobsen H. Case studies on waste minimization practices in Europe / H. Jackobsen, M. Kristoferrsen / Topic report - European Topic Centre on

Waste//European Environment Agency. - February 2002. - P. 35-42.

## ДОДАТКИ

## Додаток А – Результати дослідження морфологічного складу ТПВ міста

Вінниця

Компонент ТПВ, кг	Рівень доходу громадян, які вчила участь у дослідженні, грн/місяць					
	До 1147	1147 – 1500	1500 – 2000	2000 – 2500	3000 – 3500	5000 – 10000
Харчові відходи	0,0544	0,3	0,352	0,472	0,58	0,698
Макулатура	0,218	0,072	0,145	0,126	0,1	0,08
Деревина	–	–	–	0,027	–	0,0232
Папір	0,163	0,218	0,174	0,143	0,15	0,0912
Тканина	0,011	0,022	0,0144	–	0,02	0,0112
Скло	–	–	0,0144	0,018	0,12	0,0912
Полімерні матеріали	–	0,014	–	–	0,01	–
Шкіра, кістки	0,022	0,014	–	0,018	0,01	0,0112
Метал	0,076	0,014	0,022	0,0448	0,01	0,138

## Додаток Б – Розрахунок апроксимуючої залежності дослідження

Апроксимуюча залежність 1.

Зробимо лінійну апроксимацію методом найменших квадратів для даних.

Спробуємо уявити дані у вигляді  $y = a \cdot x + b$ .

	$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
	369246.0	119.02	-1573.5	2475902.25	-0.6575	1034.57625
	370318.0	119.21	-501.5	251502.25	-0.4675	234.45125
	371525.0	119.92	705.5	497730.25	0.2425	171.08375
	372189.0	120.56	1369.5	1875530.25	0.8825	1208.58375
Сума	1483278.0	478.71		5100665.0		2648.695

де  $\bar{x} = (369246.0 + 370318.0 + 371525.0 + 372189.0)/4 = 1483278.0/4 = 370819.5$ ,

$\bar{y} = (119.02 + 119.21 + 119.92 + 120.56)/4 = 478.71/4 = 119.6775$ ,

$a = \sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})/\sum(x_i - \bar{x})^2$  - суми  $i=1$  до 4, зн. із таблиці

$$a = 2648.695/5100665.0 = 0.000519284250191$$

$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$ , отже

$$b = 119.6775 - 0.000519284250191 \cdot 370819.5 = -72.8832260137$$

тому  $y = a \cdot x + b = 0.000519284250191 \cdot x - 72.8832260137$

Порахуємо середньоквадратичні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

т.я.  $S_a^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2]/(n - 2) / \sum[(x_i - \bar{x})^2]$ ,

то  $S_a = \sqrt{0.113049402941/(4 - 2)/5100665.0} = 0.000105270270326$

т.я.  $S_b^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2]/(n - 2) \cdot (1/n + (\bar{x})^2/\sum[(x_i - \bar{x})^2])$ ,

то  $S_b = \sqrt{0.113049402941/(4 - 2) \cdot (1/4 + 370819.5^2/5100665.0)} = 39.0364500071$

При довірчій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  та кількості вимірів  $n=4$  кількість степенів свободи  $f=3$ , значення коефіцієнту Студента рівне  $t=3.18244630528$ , тоді: абсолютні помилки для  $a$  і  $b$ :

$$\Delta_a = t \cdot S_a = 3.18244630528 \cdot 0.000105270270326 = 0.000335016982854$$

$$\Delta_b = t \cdot S_b = 3.18244630528 \cdot 39.0364500071 = 124.231406097$$

Останній знак у  $a$  після коми по рахунку - 15-й, отже у  $\Delta_a$  залишаємо 16 знаків після коми.

Останній знак у  $b$  після коми по рахунку - 15-й, отже у  $\Delta_b$  залишаємо 16 знаків після коми.

Тому апроксимація буде виглядати так:

$$y = a \cdot x + b, \text{ де}$$

$$a = 0.000519284250191 \pm 0.000335016982854$$

$$b = -72.8832260137 \pm 124.231406097;$$

Апроксимуюча залежність 2

Зробимо лінійну апроксимацію методом найменших квадратів для даних. Спробуємо уявити дані у вигляді  $y = a \cdot x + b$ .

	$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
	1147.0	0.544	-3617.7	13087753.29	-0.4161	1505.32497
	1500.0	0.724	-3264.7	10658266.09	-0.2361	770.79567
	2000.0	0.808	-2764.7	7643566.09	-0.1521	420.51087
	2500.0	0.896	-2264.7	5128866.09	-0.0641	145.16727
	3000.0	0.947	-1764.7	3114166.09	-0.0131	23.11757
	3500.0	1.0	-1264.7	1599466.09	0.0399	-50.46153
	4000.0	1.064	-764.7	584766.09	0.1039	-79.45233
	5000.0	1.104	235.3	55366.09	0.1439	33.85967
	10000.0	1.144	5235.3	27408366.09	0.1839	962.77167
	15000.0	1.37	10235.3	104761366.09	0.4099	4195.44947
Сума	47647.0	9.601		174041948.1		7927.0833

де  $\bar{x} = (1147.0 + 1500.0 + 2000.0 + 2500.0 + 3000.0 + 3500.0 + 4000.0 + 5000.0 + 10000.0 + 15000.0)/10 = 47647.0/10 = 4764.7$ ,

$\bar{y} = (0.544 + 0.724 + 0.808 + 0.896 + 0.947 + 1.0 + 1.064 + 1.104 + 1.144 +$

$$1.37)/10 = 9.601/10 = 0.9601,$$

$$a = \sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / \sum(x_i - \bar{x})^2 - \text{суми } i=1 \text{ до } 10, \text{ зн. із таблиці}$$

$$a = 7927.0833/174041948.1 = 4.55469694895e-05$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}, \text{ отже}$$

$$b = 0.9601 - 4.55469694895e-05 \cdot 4764.7 = 0.743082354473$$

$$\text{тому } y = a \cdot x + b = 4.55469694895e-05 \cdot x + 0.743082354473$$

Порахуємо середньоквадратичні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

$$\text{т.я. } S_a^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2] / (n - 2) / \sum[(x_i - \bar{x})^2],$$

$$\text{то } S_a = \sqrt{0.130174278794 / (10 - 2) / 174041948.1} = 9.66920189983e-06$$

$$\text{т.я. } S_b^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2] / (n - 2) \cdot (1/n + (\bar{x})^2 / \sum[(x_i - \bar{x})^2]),$$

$$\text{то } S_b = \sqrt{0.130174278794 / (10 - 2) \cdot (1/10 + 4764.7^2 / 174041948.1)} =$$

$$0.0612348051601$$

При довірчій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  та кількості вимірів  $n=10$  кількість степенів свободи  $f=9$ , значення коефіцієнта Студента рівне  $t=2.26215716274$ , тоді:

абсолютні помилки для  $a$  і  $b$ :

$$\Delta_a = t \cdot S_a = 2.26215716274 \cdot 9.66920189983e-06 = 2.18732543357e-05$$

$$\Delta_b = t \cdot S_b = 2.26215716274 \cdot 0.0612348051601 = 0.138522753102$$

Останній знак у  $a$  після коми по рахунку - 15-й, значить у  $\Delta_a$  залишаємо 16 знаків після коми

Останній знак у  $b$  після коми по рахунку - 15-й, значить у  $\Delta_b$  залишаємо 16 знаків після коми

Тому апроксимація буде виглядати так:

$$y = a \cdot x + b, \text{ де}$$

$$a = 4.55469694895e-05 \pm 2.18732543357e-05$$

$$b = 0.743082354473 \pm 0.138522753102;$$



### Апроксимуюча залежність 3

Зробимо лінійну апроксимацію методом найменших квадратів для даних.  
Спробуємо уявити дані у вигляді  $y = a \cdot x + b$ .

$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1147.0	0.544	-2294.16666667	5263200.69444	0.053	-121.590833333
1500.0	0.3	-1941.16666667	3768128.02778	-0.191	370.762833333
2000.0	0.352	-1441.16666667	2076961.36111	-0.139	200.322166667
2500.0	0.472	-941.166666667	885794.694444	-0.019	17.8821666667
3500.0	0.58	58.8333333333	3461.36111111	0.089	5.23616666667
10000.0	0.698	6558.83333333	43018294.6944	0.207	1357.6785
Сума 20647.0	2.946		55015840.8333		1830.291

де  $\bar{x} = (1147.0 + 1500.0 + 2000.0 + 2500.0 + 3500.0 + 10000.0)/6 = 20647.0/6 = 3441.16666667$ ,

$\bar{y} = (0.544 + 0.3 + 0.352 + 0.472 + 0.58 + 0.698)/6 = 2.946/6 = 0.491$ ,  
 $a = \sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / \sum(x_i - \bar{x})^2$  - суми  $i=1$  до 6, зн. із таблиці

$$a = 1830.291/55015840.8333 = 3.32684363681e-05$$

$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$ , значить

$$b = 0.491 - 3.32684363681e-05 \cdot 3441.16666667 = 0.376517765718$$

тому  $y = a \cdot x + b = 3.32684363681e-05 \cdot x + 0.376517765718$

Порахуємо середньоквадратичні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

$$\text{т.я. } S_a^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2] / (n - 2) / \sum[(x_i - \bar{x})^2],$$

$$\text{то } S_a = \sqrt{0.0488510803314 / (6 - 2) / 55015840.8333} = 1.48992090289e-05$$

$$\text{т.я. } S_b^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2] / (n - 2) \cdot (1/n + (\bar{x})^2 / \sum[(x_i - \bar{x})^2]),$$

$$\text{то } S_b = \sqrt{0.0488510803314 / (6 - 2) \cdot (1/6 + 3441.16666667^2 / 55015840.8333)} = 0.068294526926$$

При довірчій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  та кількості вимірів  $n=6$  кількість степенів свободи  $f=5$ , значення коефіцієнта Студента рівне  $t=2.57058183661$ , тоді:

абсолютні помилки для  $a$  и  $b$ :

$$\Delta_a = t \cdot S_a = 2.57058183661 \cdot 1.48992090289e-05 = 3.82996361097e-05$$

$$\Delta_b = t \cdot S_b = 2.57058183661 \cdot 0.068294526926 = 0.175556670456$$

Останній знак у  $a$  після коми по рахунку - 15-й, значить у  $\Delta_a$  залишаємо 16 знаків після коми

Останній знак у  $b$  після коми по рахунку - 15-й, значить у  $\Delta_b$  залишаємо 16 знаків після коми

Тому апроксимація буде виглядати так:

$$y = a \cdot x + b, \text{ где}$$

$$a = 3.32684363681e-05 \pm 3.82996361097e-05$$

$$b = 0.376517765718 \pm 0.175556670456;$$

Апроксимуюча залежність ресурсоцінного сміття

## 1. Папір

Зробимо лінійну апроксимацію методом найменших квадратів для даних. Спробуємо уявити дані у вигляді  $y = a \cdot x + b$ .

	$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
	1147.0	0.218	-2294.16666667	5263200.69444	0.0945	-216.79875
	1500.0	0.072	-1941.16666667	3768128.02778	-0.0515	99.9700833333
	2000.0	0.145	-1441.16666667	2076961.36111	0.0215	-30.9850833333
	2500.0	0.126	-941.166666667	885794.694444	0.0025	-2.35291666667
	3500.0	0.1	58.8333333333	3461.36111111	-0.0235	-1.38258333333
	10000.0	0.08	6558.83333333	43018294.6944	-0.0435	-285.30925

Сума	20647.0	0.741		55015840.8333		-436.8585
------	---------	-------	--	---------------	--	-----------

де  $x = (1147.0 + 1500.0 + 2000.0 + 2500.0 + 3500.0 + 10000.0)/6 = 20647.0/6 = 3441.16666667$ ,

$y = (0.218 + 0.072 + 0.145 + 0.126 + 0.1 + 0.08)/6 = 0.741/6 = 0.1235$ ,  
 $a = \sum(x_i - x)(y_i - y)/\sum(x_i - x)^2$  - суми  $i=1$  до 6, зн. із таблиці

$$a = -436.8585/55015840.8333 = -7.94059480657e-06$$

$b = y - a*x$ , значить

$$b = 0.1235 - -7.94059480657e-06*3441.16666667 = 0.150824910162$$

тому  $y = a*x + b = -7.94059480657e-06*x + 0.150824910162$

Порахуємо середньоквадратичні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

$$\text{т.я. } S_a^2 = \sum[(y_i - a*x_i - b)^2]/(n - 2)/\sum[(x_i - x)^2],$$

$$\text{то } S_a = \sqrt{0.0110265836637/(6 - 2)/55015840.8333} = 7.0785876721e-06$$

$$\text{т.я. } S_b^2 = \sum[(y_i - a*x_i - b)^2]/(n - 2)*(1/n + (x)^2/\sum[(x_i - x)^2]),$$

$$\text{то } S_b = \sqrt{0.0110265836637/(6 - 2)*(1/6 + 3441.16666667^2/55015840.8333)} = 0.0324466081006$$

При довірчій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  та кількості вимірів  $n=6$  кількість степенів свободи  $f=5$ , значення коефіцієнта Студента рівне  $t=2.57058183661$ , тоді:

абсолютні помилки для  $a$  і  $b$ :

$$\Delta_a = t*S_a = 2.57058183661*7.0785876721e-06 = 1.81960888988e-05$$

$$\Delta_b = t*S_b = 2.57058183661*0.0324466081006 = 0.0834066614432$$

Останній знак у  $a$  після коми по рахунку - 15-е, значить у  $\Delta_a$  залишаємо 16 знаків після коми

Останній знак у  $b$  після коми по рахунку - 15-е, значить у  $\Delta_b$  залишаємо 16 знаків після коми

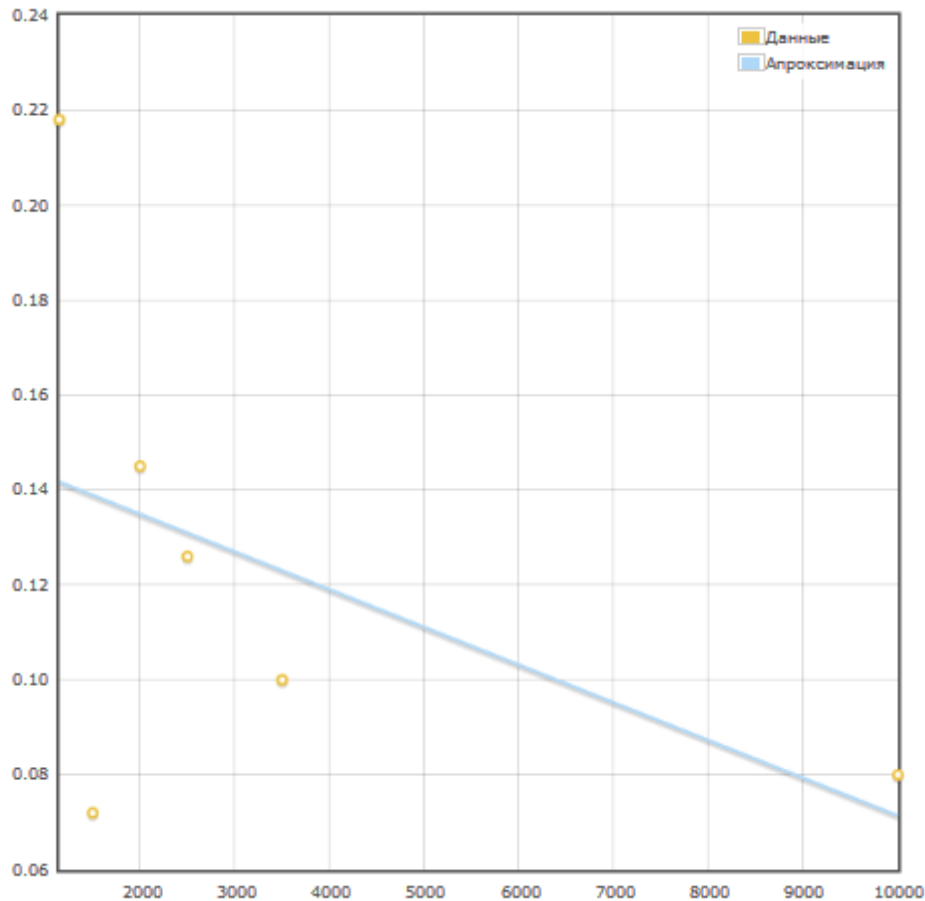
Тому апроксимація буде виглядати так:

$$y = a*x + b, \text{ где}$$

$$a = -7.94059480657e-06 \pm 1.81960888988e-05$$

$$b = 0.150824910162 \pm 0.0834066614432;$$

Побудуємо точки і графік:



## 2. Полімерні матеріали

Зробимо лінійну апроксимацію методом найменших квадратів для даних. Спробуємо уявити дані у вигляді  $y = a \cdot x + b$ .

	$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
	1147.0	0.0	-2294.16666667	5263200.69444	-0.019	43.5891666667
	1500.0	0.014	-1941.16666667	3768128.02778	-0.005	9.70583333333
	2000.0	0.0	-1441.16666667	2076961.36111	-0.019	27.3821666667
	2500.0	0.1	-941.166666667	885794.694444	0.081	-76.2345

	3500.0	0.0	58.8333333333	3461.36111111	-0.019	-1.11783333333
	10000.0	0.0	6558.83333333	43018294.6944	-0.019	-124.617833333
Сума	20647.0	0.114		55015840.8333		-121.293

де  $x = (1147.0 + 1500.0 + 2000.0 + 2500.0 + 3500.0 + 10000.0)/6 = 20647.0/6 = 3441.16666667$ ,

$y = (0.0 + 0.014 + 0.0 + 0.1 + 0.0 + 0.0)/6 = 0.114/6 = 0.019$ ,

$a = \sum(x_i - x)(y_i - y)/\sum(x_i - x)^2$  - суми  $i=1$  до 6, зн. із таблиці

$a = -121.293/55015840.8333 = -2.20469228794e-06$

$b = y - a*x$ , значить

$b = 0.019 - -2.20469228794e-06*3441.16666667 = 0.0265867136115$

тому  $y = a*x + b = -2.20469228794e-06*x + 0.0265867136115$

Порахуємо середньоквадратичні помилки визначення  $a$  и  $b$ :

т.я.  $S_a^2 = \sum[(y_i - a*x_i - b)^2]/(n - 2)/\sum[(x_i - x)^2]$ ,

то  $S_a = \sqrt{0.00776258625832/(6 - 2)/55015840.8333} = 5.93921909452e-06$

т..  $S_b^2 = \sum[(y_i - a*x_i - b)^2]/(n - 2)*(1/n + (x)^2/\sum[(x_i - x)^2])$ ,

то  $S_b = \sqrt{0.00776258625832/(6 - 2)*(1/6 + 3441.16666667^2/55015840.8333)} = 0.0272240061592$

При довірчій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні помилки визначення  $a$  і  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  та кількості вимірів  $n=6$  кількість степенів свободи  $f=5$ , значення коефіцієнта Студента рівне  $t=2.57058183661$ , тоді:

абсолютні помилки для  $a$  и  $b$ :

$\Delta_a = t*S_a = 2.57058183661*5.93921909452e-06 = 1.52672487281e-05$

$\Delta_b = t*S_b = 2.57058183661*0.0272240061592 = 0.0699815357527$

Останній знак у  $a$  після коми по рахунку - 15-е, значить у  $\Delta_a$  залишаємо 16 знаків після коми

Останній знак у  $b$  після коми по рахунку - 15-е, значить у  $\Delta_b$  залишаємо 16 знаків після коми

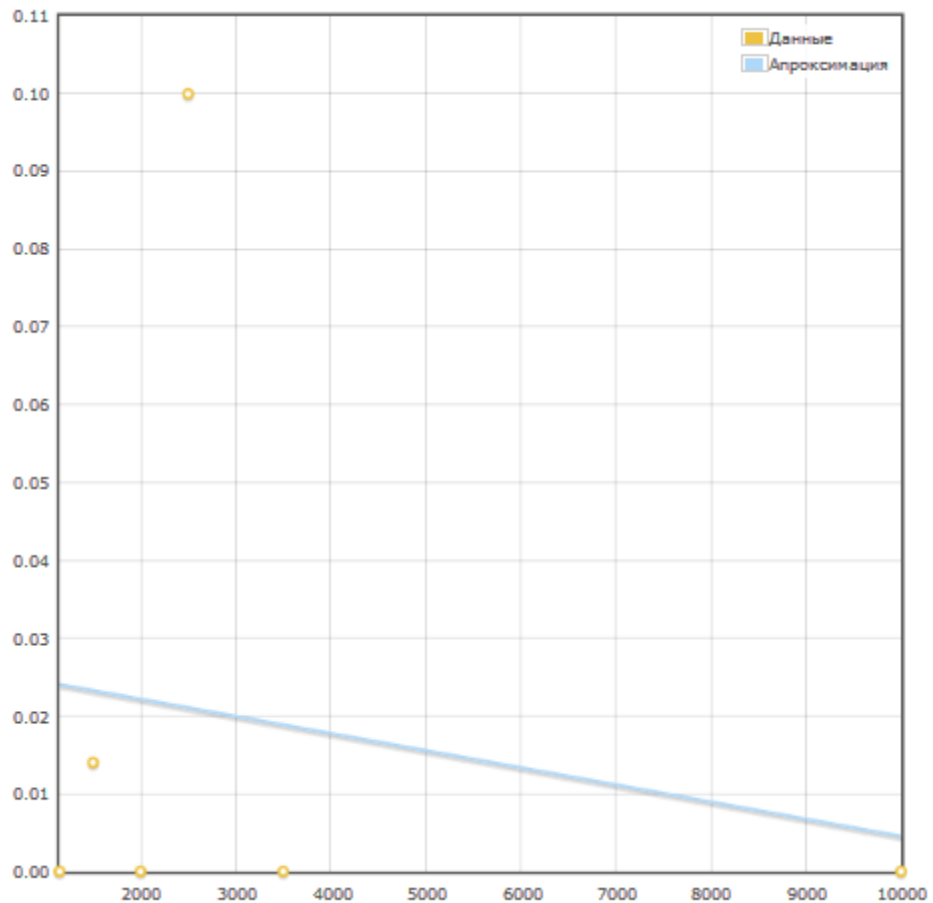
Тому апроксимація буде виглядати так:

$$y = a \cdot x + b, \text{ где}$$

$$a = -2.20469228794e-06 \pm 1.52672487281e-05$$

$$b = 0.0265867136115 \pm 0.0699815357527;$$

Побудуємо точки і графік:



### 3. Скло

Представимо дані в вигляді  $y = a \cdot x + b$ .

$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1147.0	0.0	-2294.16666667	5263200.69444	-0.0376	86.2606666667
1500.0	0.0144	-1941.16666667	3768128.02778	-0.0232	45.0350666667
2000.0	0.0	-1441.16666667	2076961.36111	-0.0376	54.1878666667
2500.0	0.0	-941.166666667	885794.694444	-0.0376	35.3878666667

	3500.0	0.12	58.8333333333	3461.36111111	0.0824	4.84786666667
	10000.0	0.0912	6558.83333333	43018294.6944	0.0536	351.553466667
Сума	20647.0	0.2256		55015840.8333		577.2728

де  $x = (1147.0 + 1500.0 + 2000.0 + 2500.0 + 3500.0 + 10000.0)/6 = 20647.0/6 = 3441.16666667$ ,

$$y = (0.0 + 0.0144 + 0.0 + 0.0 + 0.12 + 0.0912)/6 = 0.2256/6 = 0.0376,$$

$a = \sum(x_i - x)(y_i - y)/\sum(x_i - x)^2$  - суми  $i=1$  до 6, зн. із таблиці

$$a = 577.2728/55015840.8333 = 1.0492846992e-05$$

$b = y - a*x$ , означає

$$b = 0.0376 - 1.0492846992e-05*3441.16666667 = 0.00149236469272$$

тому  $y = a*x + b = 1.0492846992e-05*x + 0.00149236469272$

Розрахуємо середньо квадратні похибки  $a$  и  $b$ :

$$\text{т.я. } S_a^2 = \sum[(y_i - a*x_i - b)^2]/(n - 2)/\sum[(x_i - x)^2],$$

$$\text{то } S_a = \sqrt{0.00838500483696/(6 - 2)/55015840.8333} = 6.17273717239e-06$$

$$\text{т.я. } S_b^2 = \sum[(y_i - a*x_i - b)^2]/(n - 2)*(1/n + (x)^2/\sum[(x_i - x)^2]),$$

$$\text{то } S_b = \sqrt{0.00838500483696/(6 - 2)*(1/6 + 3441.16666667^2/55015840.8333)} = 0.0282943989986$$

При довірчій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні похибки  $a$  и  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  і кількості вимірів  $n=6$  кількість ступенів свободи  $f=5$ , зн. коефіцієнт Студента рівний  $t=2.57058183661$ , тоді:

Абсолютні похибки для  $a$  и  $b$ :

$$\Delta_a = t*S_a = 2.57058183661*6.17273717239e-06 = 1.58675260576e-05$$

$$\Delta_b = t*S_b = 2.57058183661*0.0282943989986 = 0.0727330681436$$

Останній знак у  $a$  після коми за рахунком - 14й, означає у  $\Delta_a$  залишаємо 15 знаків після коми

Останній знак у  $b$  після коми за рахунком - 14й, означає у  $\Delta_b$  залишаємо 15 знаків після коми

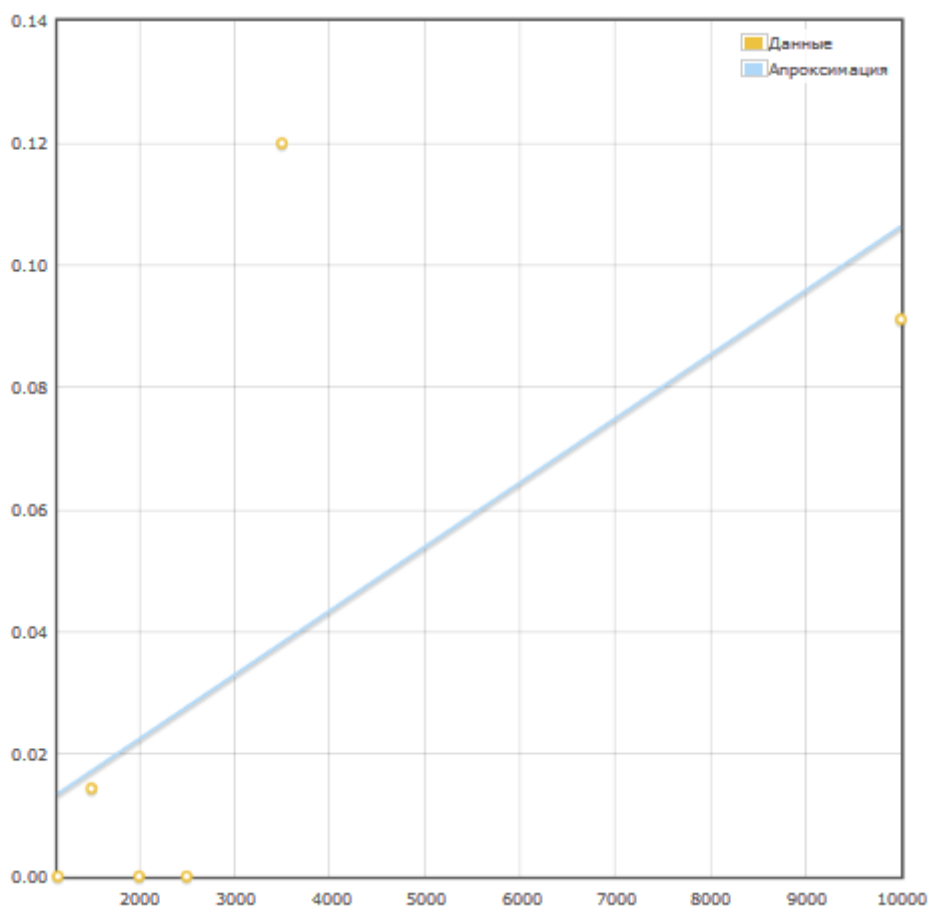
Через це апроксимація буде виглядати так:

$$y = a*x + b, \text{ где}$$

$$a = 1.0492846992e-05 \pm 1.5867526058e-05$$

$$b = 0.00149236469272 \pm 0.0727330681436;$$

Побудуємо точки і графік:



#### 4. Метал

	$x_i$	$y_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
	1147.0	0.076	-2294.16666667	5263200.69444	0.0459	-105.30225
	1500.0	0.014	-1941.16666667	3768128.02778	-0.0161	31.2527833333
	2000.0	0.022	-1441.16666667	2076961.36111	-0.0081	11.67345
	2500.0	0.0448	-941.166666667	885794.694444	0.0147	-13.83515
	3500.0	0.01	58.8333333333	3461.36111111	-0.0201	-1.18255
	10000.0	0.0138	6558.83333333	43018294.6944	-0.0163	-106.908983333
Сума	20647.0	0.1806		55015840.8333		-184.3027

де  $\bar{x} = (1147.0 + 1500.0 + 2000.0 + 2500.0 + 3500.0 + 10000.0)/6 = 20647.0/6 = 3441.16666667$ ,

$\bar{y} = (0.076 + 0.014 + 0.022 + 0.0448 + 0.01 + 0.0138)/6 = 0.1806/6 = 0.0301$ ,



$a = \sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / \sum(x_i - \bar{x})^2$  - суми  $i=1$  до 6, зн. із таблиці

$$a = -184.3027/55015840.8333 = -3.34999333298e-06$$

$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$ , значить

$$b = 0.0301 - (-3.34999333298e-06) \cdot 3441.16666667 = 0.041627885391$$

тому  $y = a \cdot x + b = -3.34999333298e-06 \cdot x + 0.041627885391$

Розрахуємо середньоквадратичні помилки  $a$  и  $b$ :

$$\text{т.я. } S_a^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2] / (n - 2) / \sum[(x_i - \bar{x})^2],$$

$$\text{то } S_a = \sqrt{0.00270000718375 / (6 - 2) / 55015840.8333} = 3.5027455236e-06$$

$$\text{т.я. } S_b^2 = \sum[(y_i - a \cdot x_i - b)^2] / (n - 2) \cdot (1/n + (\bar{x})^2 / \sum[(x_i - \bar{x})^2]),$$

$$\text{то } S_b = \sqrt{0.00270000718375 / (6 - 2) \cdot (1/6 + 3441.16666667^2 / 55015840.8333)} = 0.0160557750423$$

При довірливій ймовірності  $p=0.95$ : абсолютні похибки  $a$  и  $b$ :

При такій ймовірності  $p$  и кількості вимірів  $n=6$  кількість ступенів свободи  $f=5$ , зн. коефіцієнт Студента рівний  $t=2.57058183661$ , тоді:

Абсолютні похибки для  $a$  и  $b$ :

$$\Delta_a = t \cdot S_a = 2.57058183661 \cdot 3.5027455236e-06 = 9.00409402125e-06$$

$$\Delta_b = t \cdot S_b = 2.57058183661 \cdot 0.0160557750423 = 0.0412726836965$$

Останній знак у  $a$  після коми за рахунком - 15й, означає у  $\Delta_a$  залишаємо 16 знаків після коми.

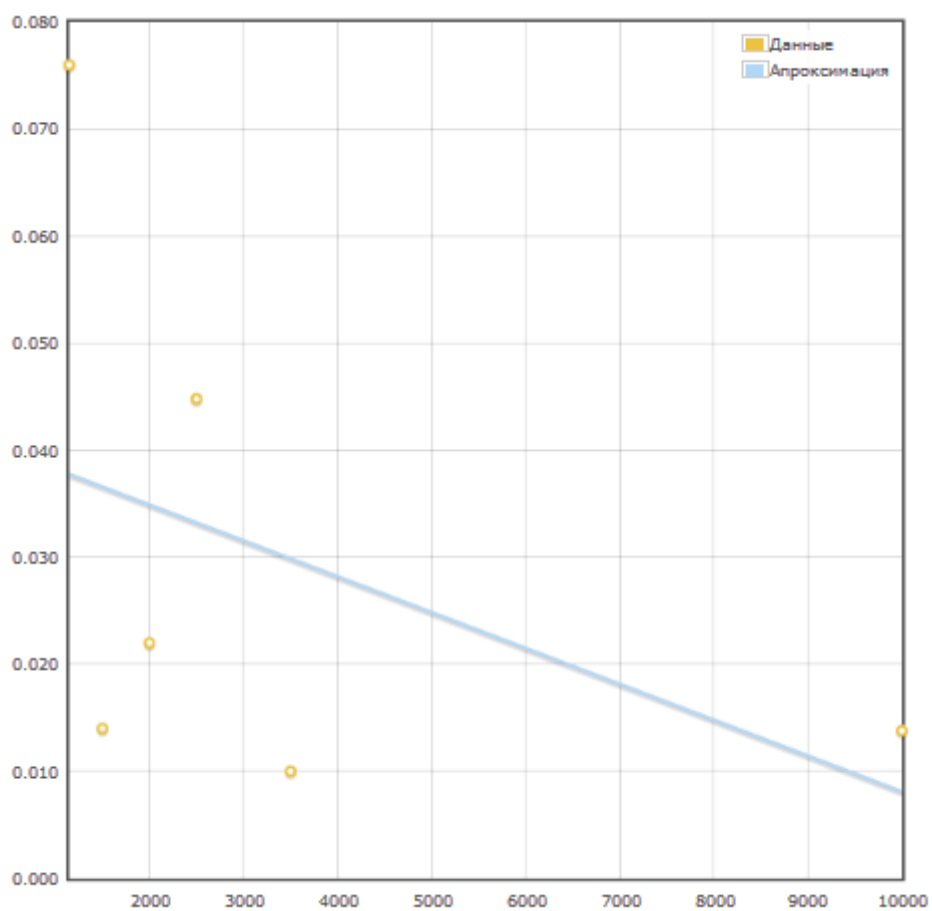
Останній знак у  $b$  після коми за рахунком - 15й, означає у  $\Delta_b$  залишаємо 16 знаків після коми

Через це апроксимація буде виглядати так:

$$y = a \cdot x + b, \text{ где}$$

$a = -3.34999333298e-06 \pm 9.0040940212e-06$ $b = 0.041627885391 \pm 0.0412726836965;$
---

Побудуємо точки і графік:



Додаток В – Графічний матеріали до захисту бакалаврської дипломної роботи