

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра екологічної безпеки та економіки природокористування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Роїк Ірина Володимирівна

УДК 626.113

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ
ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Науково-професійна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

І.В. Роїк
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник

А.В. Ращенко
(прізвище, ім'я, по батькові)

кандидат економічних наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2020

ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екології і праваКафедра екологічної безпеки та економіки природокористування
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. завідувача кафедри екологічної безпеки
та економіки природокористування
Ращенко А.В._____
(ПІБ, підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу_____
(прізвище, ім'я, по-батькові в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____

затверджена наказом № _____ від “ ____ ” _____ 20 ____ р.

2. Термін подання роботи “ ____ ” _____ 20 ____ р.

3. Предмет дослідження _____

4. Об'єкт дослідження _____

5. Методика дослідження _____

6. Інформаційна база дослідження _____

7. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, що належать до розробки)

8. Перелік графічного матеріалу _____

9. Дата видачі завдання «____» _____ 20____ р.

Керівник роботи

 (науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище ,ім'я, по батькові)

Завдання прийняв
 до виконання

 (підпис) (прізвище ,ім'я, по батькові)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
 виконання кваліфікаційної роботи**

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Відмітка про виконання етапу

Здобувач вищої освіти _____
 (підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник роботи

 (науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

«____» _____ 20____ р.

АНОТАЦІЯ

Роїк І.В. Оптимізація умов безпечного транспортування твердих побутових відходів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 183 – технології захисту навколишнього середовища – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

У кваліфікаційній роботі наведено теоретичні засади організацій транспортування твердих побутових відходів. Зокрема, описано поняття логістики твердих побутових відходів та описано спеціалізовану техніку для їх транспортування. Здійснено загальну характеристику перевезення твердих побутових відходів у м. Бердичів. У кваліфікаційній роботі систематизовано умови формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення відходів. Встановлено, що потребу ТОВ «Полісся Екосфера» у спеціалізованій техніці, що здійснює перевезення ТПВ, з різними технічними характеристиками визначають наступні чинники: умови об'єктів обслуговування; об'єми ТПВ, характеристики контейнерів та їх розташування; планування та особливості транспортної системи і інфраструктури; вимоги міської ради до перевізників ТПВ. Здійснено аналітичну оцінку логістики та оптимізації перевезень твердих побутових відходів. Проведено порівняння програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів. На основі цієї інформації рекомендовано застосовувати програмні продукти компаніям-перевізникам твердих побутових відходів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, транспортування, логістика, оптимізація.

SUMMARY

Roik I.V. Optimization of conditions for safe transportation of solid waste. - Manuscript of the qualification work.

Qualification work for the master's degree in specialty 183 - environmental protection technologies - Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

In the qualification work, the theoretical bases of the organizations of transportation of solid household waste result. In particular, the concept of solid waste logistics is described and specialized equipment for their transportation is described. The general characteristic of transportation of solid household waste in Berdychiv is carried out. The qualification work systematizes the conditions for the formation of Polissya Ecosphere LLC transport fleet and waste transportation routes. It is established that the need of Polissya Ecosphere LLC in specialized equipment for transportation of solid waste, with different technical characteristics, is determined by the following factors: conditions of service facilities; volumes of solid waste, characteristics of containers and their location; planning and features of the transport system and infrastructure; requirements of the city council to solid waste carriers. An analytical assessment of the logistics and optimization of solid waste transportation was performed. A comparison of software to optimize the conditions of safe transportation of solid waste. Based on this information, it is recommended to use software products for companies transporting solid waste.

Key words: solid household waste, transportation, logistics, optimization.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	9
1.1. Логістика твердих побутових відходів	9
1.2. Спеціалізована техніка для транспортування твердих побутових відходів	10
Розділ II. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
2.1. Програма проведення досліджень.	13
2.2. Методика оптимізації умов транспортування твердих побутових відходів	13
2.3. Загальна характеристика перевезення твердих побутових відходів у м. Бердичів	14
Розділ III. ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	17
3.1. Умови формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення відходів	17
3.2. Логістика та оптимізація перевезень ТОВ «Полісся Екосфера» твердих побутових відходів	23
3.3. Рекомендації щодо вибору та застосування програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів	26
ВИСНОВКИ	29
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31
ДОДАТКИ	35

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В останні роки в країні спостерігається стабільне зростання обсягів утворення ТПВ, що лише погіршує загальну проблему їх накопичення. Звідси виникає необхідність дослідження питання перевезення твердих побутових відходів як частини транспортної системи міст та ОТГ. У цьому контексті впровадження систем роздільного збирання ТПВ (до яких прагне значна кількість міст країни, адже вони дозволять значно скоротити обсяги ТПВ, які вивозяться на полігони) створить додаткові умови та вимоги для компаній-перевізників відходів.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є обґрунтування теоретичних засад та розробка практичних рекомендацій щодо оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів.

Для досягнення поставленої мети досліджень передбачалось вирішити такі завдання:

- 1) систематизувати інформацію щодо теоретичних засад оптимізації транспортування твердих побутових відходів;
- 2) дослідити умови збору та перевезення твердих побутових відходів у м. Бердичів
- 3) систематизувати умови формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення відходів;
- 4) провести аналітичну оцінку логістики та оптимізації перевезень ТОВ «Полісся Екосфера» твердих побутових відходів;
- 5) розробити рекомендацій щодо вибору та застосування програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів.

Об'єкт дослідження – є процес транспортування твердих побутових відходів.

Предмет дослідження – теоретичні та прикладні положення оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів.

Методи дослідження. Теоретичні положення та прикладні рекомендації щодо оптимізації умов безпечного транспортування ТПВ систематизовано за допомогою прийому аналізу і синтезу. Застосування математичних методів, зокрема побудова оптимізаційної логістичної задачі дозволило формалізувати умови та обмеження, при формування маршрутів транспортування ТПВ компанія-перевізник ТОВ «Полісся Екосфера».

Наукова новизна одержаних результатів. Систематизовано та обґрунтовано умови формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення; розроблено модель логістики твердих побутових відходів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень знайдуть своє практичне застосування при роботі компаній-перевізників твердих побутових відходів, зокрема ТОВ «Полісся Екосфера».

Апробація результатів дослідження. Основні положення і результати кваліфікаційної роботи апробовані і представлені у збірнику тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій» (19 листопада 2020 р.) [38], академічному науково-практичному виданні «Економіка та держава», № 11/2020 [39], III студентської конференції «Магістерські читання 2020» (грудень 2020 р.) [40].

Основні положення, що виносяться на захист:

- дослідження та систематизація умов збору, транспортування та формування маршрутів перевезення твердих побутових відходів у м. Бердичів
- аналітична оцінка логістики та оптимізації перевезень ТОВ «Полісся Екосфера» твердих побутових відходів;
- розробка рекомендацій щодо вибору та застосування програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

1.1. Логістика твердих побутових відходів

Логістика є інструментом, що дозволяє удосконалити процеси господарювання підприємств. Особливо якщо перевезення вантажів є однією із найважливіших складових їх діяльності. Не виключенням є і підприємства, що здійснюють збір та транспортування твердих побутових відходів. Для таких бізнесів логістика здатна вирішити проблеми перевезення відходів з місць накопичення до місця розміщення, вибір і розташування локацій, відстані між ними тощо.

Логістика розглядається науковцями як управління матеріальними і інформаційними потоками на підприємстві. Реалізується вона через логістичний комплекс, який традиційно включає сім ключових правил (7R) [1, 2]. Адаптуючи їх під специфіку діяльності підприємств, що здійснюють збір та транспортування твердих побутових відходів, отримаємо наступні правила:

- споживач – місцеві жителі, що продукують тверді побутові відходи, та можуть відчувати незручності у разі затримок із їх вивезенням;
- вантаж – тверді побутові відходи у відповідних транспортних засобах та з мінімальною шкодою для довкілля;
- якість – сервісне обслуговування, що відповідає вимогам споживача;
- обсяг – у обсягах, що відповідають обсягам та темпам їх накопичення;
- час – у час, що не впливає на нормальну життєдіяльність місцевого населення;
- локації – з місць їх утворення у місце їх сортування та зберігання;
- витрати – з мінімальними витратами [3 - 5].

Отже, логістика твердих побутових відходів буде ефективною за умови максимально повного дотримання зазначених правил. Метою її є організація, регулювання та контроль за вантажними та інформаційними потоками, що здатні забезпечити високу якість надання підприємством послуг споживачам, а

також максимально глибоку переробку та сортування твердих побутових відходів за мінімальних витрат.

Таким чином, логістика є інструментом, що дозволяє ефективно управляти транспортними та інформаційними потоками на підприємствах, що здійснюють збір, перевезення, переробку твердих побутових відходів. Вона забезпечує дотримання екологічних обмежень за мінімальних витрат на організацію діяльності підприємства. Подальших досліджень потребують питання використання спеціалізованої техніки для транспортування твердих побутових відходів.

1.2. Спеціалізована техніка для транспортування твердих побутових відходів

Автомобільний транспорт, а саме спеціалізована техніка, найбільш повно відповідають вимогам до засобів транспортування твердих побутових відходів. До такої техніки висуваються окремі вимоги, що включають особливості збору твердих побутових відходів, необхідність здійснення певних маніпуляцій із ними після завантаження, розмірів транспортних засобів, їх екологічної безпеки. Опису наявних сміттевозів та їх характеристик присвячено дану частину дослідження.

Основним видом спеціалізованої техніки для транспортування твердих побутових відходів є сміттевоз. Сміттевоз – це «спеціальний вантажний автомобіль, призначений для завантаження, ущільнення, транспортування та вивантаження сміття» [6]. Основними технічними характеристиками сміттевозів є тип та вид кузова, спосіб завантаження твердих побутових відходів, об'єм кузова, вид палива.

Щодо типу кузова, то існують сміттевози, у кузов-контейнер яких завантажуються відходи зі сміттевих баків або іншої спеціалізованої техніки. Такі сміттевози є поширеним видом спеціалізованої техніки, що збирає та вивозить тверді побутові відходи в Україні. Існує також інший вид сміттевозів, у яких кузов-контейнер може бути знятим та використовуватись окремо як бак

для збору відходів. Після його заповнення контейнер завантажується на автомобіль та транспортується у місця видалення. Вид кузову-контейнеру сміттєвозів також може бути відкритим та закритим [13].

Щодо способу завантаження твердих побутових відходів, то основні види сміттєвозів систематизовано у табл. 1.1. З перелічених у таблиці типів сміттєвозів найбільш поширеними є із заднім завантаженням.

Таблиця 1

Порівняння сміттєвозів із різним способом завантаження твердих побутових відходів

№	Тип сміттєвозу	Спосіб завантаження	Приклад	Фото
1	Бічне завантаження	Завантаження сміття у контейнер здійснюється оператором вручну за допомогою маніпулятора	Сміттєвоз з бічним завантаженням та шасі ГАЗ-3309	
2	Задне завантаження	Завантаження сміття у контейнер здійснюється автоматизованим або ручним (за допомогою самонавантажувача) способом	Сміттєвоз на шасі MAN, Faun POWERPRESS	
3	Передне завантаження	Завантаження сміття у контейнер здійснюється автоматизованим способом через кабіну у люк на даху контейнеру	Фронтальний сміттєвоз FORD TRUCKS 2733 DC	
4	Контейнерний сміттєвоз	Контейнер з відходами завантажується на шасі автомобіля	Сміттєвоз контейнерний МКС-33301	

Джерело: побудовано автором на основі [7-10].

Щодо габаритів та об'єму кузова сміттєвоза, то розрізняють спеціалізовану техніку з малою місткістю, яка складає від 5 до 10 м³ відходів, середньою місткістю – від 16 до 45 м³ та великою місткістю - від 45 до 100 м³ відходів.

Сміттевози обладнують також пресами, що дозволяє ущільнювати тверді побутові відходи у кузові-контейнері. За цією характеристикою сміттевози поділяють на спецтехніку із неперервним чи циклічним характером процесу ущільнення відходів. У більшості моделей сміттевозів, що обладнані маніпуляторами, самонавантажувачами або пресом застосовується гідравлічний привід [11, 12].

Таким чином, тверді побутові відходи є специфічним типом вантажу, для збору та транспортування якого необхідна спеціалізована техніка. Видів такої техніки, представлених на ринку, є досить велика кількість. Проте, при виборі моделей сміттевозів та плануванні маршрутів транспортування твердих побутових відходів спеціалізовані підприємства мають враховувати значну кількість чинників, починаючи з технічних характеристик обладнання і закінчуючи особливостями планування міських територій.

Розділ II. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма проведення досліджень

Досягнення поставленої мети досліджень забезпечується:

1. Систематизацією інформації щодо теоретичних засад оптимізації перевезення твердих побутових відходів;
2. Описом методики оптимізації умов транспортування твердих побутових відходів.
3. Характеристикою збору та перевезення твердих побутових відходів у м. Бердичів
4. Систематизацією умов формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення відходів;
5. Удосконаленням логістики та оптимізації перевезень ТОВ «Полісся Екосфера» твердих побутових відходів.
6. Розробкою рекомендацій щодо вибору та застосування програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів.

2.2. Методика оптимізації умов транспортування твердих побутових відходів

Тверді побутові відходи відносяться до одних з найбільших за обсягами транспортування видів вантажів. При цьому, вони потенційно здатні нанести шкоду довкіллю, тому відходи можна віднести до достатньо небезпечних видів вантажів [17]. Відтак, детального дослідження потребує питання оптимізації умов транспортування відходів, що утворюються у домогосподарствах.

Під поняттям «оптимізація» розуміють «процес визначення значень показників, при яких досягається оптимум, тобто оптимальний, найкращий стан системи» [18]. У випадку нашого дослідження, оптимуму відповідає досягнення найвищого результату (створення найкращих умов для формування

маршрутів безпечного транспортування твердих побутових відходів) при мінімальних витратах ресурсів.

Відомо, що до методів оптимізації відносять: аналітичні методи, метод Лагранжу, варіаційні та градієнтні методи, методи математичного програмування, автоматичні та статистичні методи [19 – 25]. Для вирішення задач дослідження доцільно використовувати оптимізаційні логістичні задачі. Вони мають такий загальний вигляд:

$$y = f(x) \rightarrow \left. \begin{array}{l} \max(\min) \\ x \in X \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де X – множина допустимих альтернатив; f – цільова функція (числова функція, визначена на множині X , яка має враховувати вимогу максимізації або мінімізації); y – оптимальне (максимальне або мінімальне) значення цільової функції, що досягається нею на множині допустимих планів X [19, 26, 27].

Оптимізаційна логістична задача будується на основі формулювання двох основних її складових: цільової функції (формальний вираз критерію оптимальності, що передбачає визначення найкращого рішення серед альтернативних варіантів) та обмежень (визначення множини допустимих альтернатив – нерівностей або рівнянь) [19, 26, 27].

Враховуючи складність проблеми, що вирішується шляхом застосування оптимізаційних логістичних задач, вважаємо, що доцільно застосовувати засоби обчислювальної техніки та спеціалізоване для потреб перевізників твердих побутових відходів програмне забезпечення. Саме таке поєднання забезпечить швидке отримання результатів та прийняття оптимальних з точки зору екології та економіки рішень.

2.3. Загальна характеристика поводження та перевезення твердих побутових відходів у м. Бердичів

Для м. Бердичів, як і решти міст України, проблема поводження із твердими побутовими відходами є надзвичайно актуальною. На території населеного пункту розташовано сміттєзвалище для твердих побутових відходів,

площа якого складає понад 5 га. Сміттєзвалище є комунальною власністю громади міста Бердичів. Щоденно на полігоні розміщується близько 40 м³ відходів, що утворюються у домогосподарствах міста та прилеглих населених пунктів.

В м. Бердичів у результаті проведеного у 2018 р. конкурсу з надання житлово- комунальних послуг з вивезення побутових відходів, ці обов'язки покладено на компанію ТОВ «Полісся Екосфера». З компанією укладено договір на термін, передбачений у конкурсних умовах. Діяльність компанії по збору відходів забезпечує охоплення 85% населення міста послугами з вивезення твердих побутових відходів. Компанія ТОВ «Полісся Екосфера» здійснює діяльність по сортуванню відходів. Зокрема, профінансовано будівництво сміттєсортувальної лінії, що є першою чергою сміттєпереробного заводу потужністю 30 тис. тон ТПВ в рік. Функціонування лінії з сортування сміття та подальше будівництво сміттєпереробного комплексу здатне забезпечити зменшення навантаження на існуюче сміттєзвалище на понад 50% [28].

Збір твердих побутових відходів здійснюється шляхом організації сміттєвих майданчиків та обладнання їх контейнерами великої ємності. Поступово здійснюється оновлення контейнерів та заміна їх на сучасні пластикові моделі. Так, зокрема, у 2019 р. МК ВЖРЕП №7 встановлено 139 нових контейнерів, ТОВ «Полісся Екосфера» 60 нових контейнерів [29].

У місті регулярно відмічаються випадки забруднення довкілля твердими побутовими відходами. Так, наприклад, у 2019 р. було складено 67 адміністративних протоколів та накладено штрафи за порушення Правил благоустрою міста. Найбільш поширеними неправомірними практиками були: відсутність договорів на вивезення відходів, розміщення відходів у несанкціонованих місцях, влаштування сміттєзвалищ, паління сміття, листя, гілля, задимлення території, несвоєчасне очищення території та вивіз сміття тощо [29].

Отже, у м. Бердичів проблема накопичення та поводження із твердими побутовими відходами є актуальною. Органами місцевої влади реалізуються певні організаційні, економічні та адміністративні заходи, спрямовані на її вирішення. Проте питання перевезення відходів не акцентуються. Вважаємо, що це не є виправданим з наступних причин:

1. Проблема накопичення ТПВ включає не лише наявність та стан полігонів ТПВ, а й особливості їх видалення з місць утворення та вивезення. Значні обсяги відходів накопичуються у районах багатоповерхової забудови, створюючи естетичні незручності, небезпеки для довкілля та здоров'я мешканців. Частково ця проблема вирішена шляхом будівництва та облаштування контейнерних майданчиків для збору твердих побутових відходів та для складування великогабаритних та будівельних відходів. Наявність таких майданчиків значно спрощує видалення та вивезення ТПВ.

2. Не менш гостро проблема накопичення ТПВ стоїть на території приватної житлової забудови міста. Адже, мешканці приватних будинків зобов'язані вирішувати проблему видалення накопичених ними відходів, укладаючи договори про вивезення із відповідними підприємствами. Проте, фактично, наявність таких угод не гарантує повноцінне вивезення відходів. У м. Бердичів частково вирішити дану проблему можливо шляхом встановлення малогабаритних контейнерів для збору ТПВ об'ємом 120-140 л. Проте, окрім безпосередньо місця накопичення відходів, не менш, а на нашу думку, більш актуальним є питання забезпечення логістики процесу їх збирання та транспортування до полігону відходів.

3. Існує нагальна необхідність повноцінного запровадження роздільного збирання відходів в місті. Проте, через низьку активність суб'єктів господарської діяльності у сфері поводження з ТПВ, така система у м. Бердичів не запроваджена. Необхідним також є налагодження повноцінної системи вивезення роздільно зібраних відходів.

Розділ III. ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

3.1. Умови формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення відходів

Організація робіт по транспортуванню ТПВ визначається дією низки чинників внутрішнього та зовнішнього середовища функціонування підприємства-перевізника ТОВ «Полісся Екосфера». Окремі аспекти впливу чинників зовнішнього середовища розглянуто у попередньому розділі. Далі зацентруємо увагу на тому, які внутрішні умови впливають на формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення відходів у м. Бердичів.

Перш ніж здійснювати аналіз автопарку підприємства та особливостей формування маршрутів перевезення твердих побутових відходів, доцільно проаналізувати основні показники його роботи. Динаміку обсягів перевезення твердих побутових відходів, що здійснює ТОВ «Полісся Екосфера» наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Динаміка обсягів перевезення твердих побутових відходів ТОВ «Полісся Екосфера»

Показники	2017	2018	2019	2019 у % до 2017
Вивезено на сміттєзвалище, м ³	110460	116000	119540	108,2
Прийнято від організацій, м ³	26865,7	20148,74	20048,6	74,6
Всього утилізовано на сміттєзвалище, м ³	71050	66549	67864,6	95,5
Коефіцієнт ущільнення, разів	2,5	2,5	2,5	-

Джерело: побудовано автором на основі даних ТОВ «Полісся Екосфера».

За даними таблиці прослідковується чітка тенденція до збільшення обсягів утворення та перевезення ТПВ підприємством. За останні три роки збільшення показника склало майже 10%. Натомість, на 25% скоротилась кількість відходів, що ТОВ «Полісся Екосфера» приймає від організацій.

Відтак, динаміка вивезення відходів є від'ємною. Щодо тарифів для населення та норм утворення відходів, то основні дані наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.3

Тариф для населення на послуги з перевезення твердих побутових відходів, що надаються ТОВ «Полісся Екосфера», 2019 р.

Показник	Значення показника
для багатоповерхівок	
Норма утворення відходів на 1 людину в рік	2,019 м ³
Норма утворення відходів на 1 людину в місяць	0,168 м ³
Норма утворення великогабаритних відходів на 1 людину в місяць	0,017 м ³
Всього відходів на 1 людину в місяць	0,185 м ³
Тариф становить	22,42 грн
Витрати на збирання сміття на 1 людину в місяць	1,64 грн
Загальний тариф	24,06 грн
для приватного сектору	
Норма утворення відходів на 1 людину в рік	2,138 м ³
Норма утворення відходів на 1 людину в місяць	0,178 м ³
Норма утворення великогабаритних відходів на 1 людину в місяць	0,018 м ³
Всього відходів на 1 людину в місяць	0,196 м ³
Тариф становить	23,76 грн

Джерело: побудовано автором на основі даних ТОВ «Полісся Екосфера».

У таблиці наведено основні нормативні показники утворення твердих побутових відходів для споживачів, що проживають у багатоквартирних та приватних будинках. Норми та розрахунок тарифів наведено за 2019 рік. Як видно з таблиці, норми утворення та вивезення відходів не включають небезпечні відходи. Відомо, що у побутовому смітті знаходиться до 0,1% відходів, що містять такі фізичні, хімічні та біологічні компоненти, що можуть нанести значний негативний вплив на довкілля та здоров'я людей. До таких відходів відносять, наприклад, батарейки та акумулятори, ртутьвмісні лампи, пестициди тощо [30, 31]. Очевидно, що питання поводження з такими небезпечними відходами ніяким чином не врегульовано.

Саме у контексті удосконалення транспортування твердих побутових відходів у містах України, вплив чинників внутрішнього середовища є особливо актуальними. Наразі планування перевезень подібних вантажів у м.

Бердичів формуються, переважно, на основі досвіду керівництва (або відповідальних менеджерів) спеціалізованого підприємства ТОВ «Полісся Екосфера». Проте, враховуючи небезпеку вантажів, з якими має справу компанія, вважаємо за необхідне розглянути питання оптимізації маршрутів, умов та техніки, що застосовується.

Логістика твердих побутових відходів в м. Бердичів передбачає збирання змішаних видів відходів у спеціально відведених місцях, транспортування їх по території міста та доставку на полігон. Відповідно, з оптимального ланцюга перевезень ТПВ вилучено етапи збирання окремих фракцій відходів (скло, папір, пластик, небезпечні відходи) та транспортування їх на підприємства, що здійснюють переробку вторинної сировини. Крім того, керівництвом міста в умовах до конкурсу на вибір перевізника заплановано забезпечення контейнерами для роздільного збору відходів та сучасними транспортними засобами.

Іншою проблемою, у цьому контексті, є неготовність мешканців більшості міста до сортування відходів, що утворюються у їх домогосподарствах. Так, проведені нами у 2020 р. у м. Бердичів соціологічні дослідження засвідчили, що понад 50% мешканців міста не сортують ТПВ (рис. 3.1).

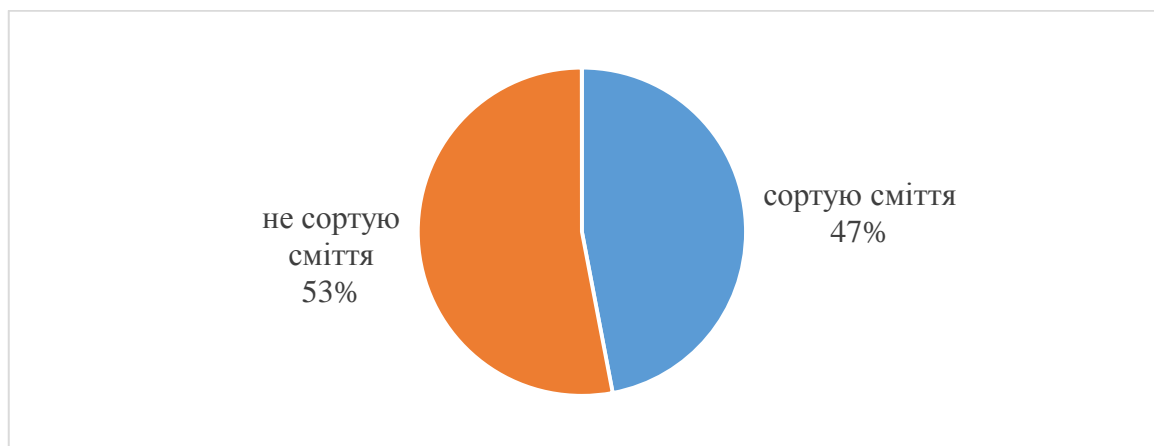


Рис. 3.1. Розподіл відповідей респондентів на запитання «Чи сортуєте ви побутові відходи?»

Джерело: власні дослідження.

Переважно, причиною такої поведінки є відсутність умов (контейнерів для роздільного збирання відходів) та вмінь правильного сортування. Серед тих мешканців міста, які стверджували, що вже частково сортують відходи, найчастіше виділяють такі фракції: скло (40%), папір (35%) та пластик (25%) (рис. 3.2.). Отже, при запровадженні у місті роздільного збирання ТПВ, саме перевізники, у першу чергу, зіткнуться із проблемою низької обізнаності населення щодо правил сортування відходів.

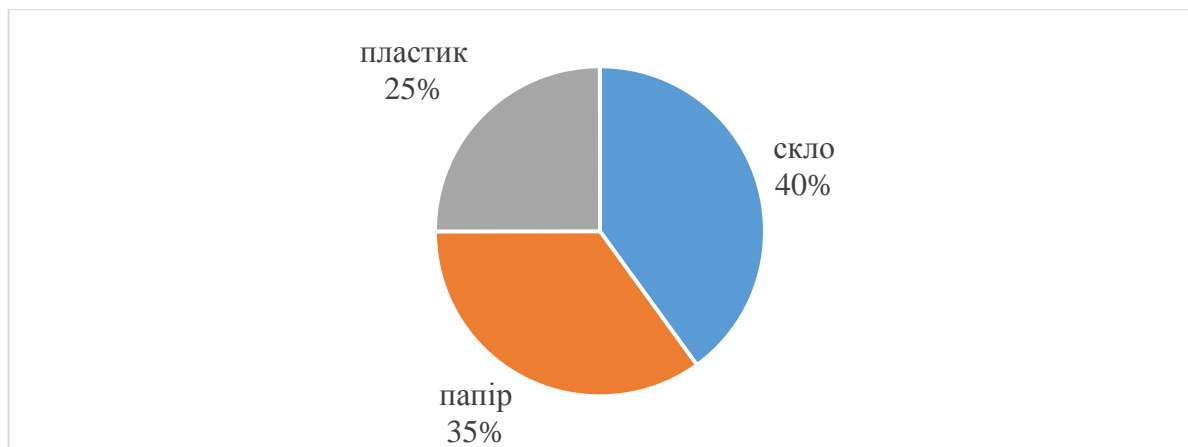


Рис. 3.2. Розподіл відповідей респондентів на запитання «Які види вторинної сировини виокремлюєте?»

Джерело: власні дослідження.

За умови, якщо у м. Бердичів заплановано конкретні дії по запровадженню роздільного збору ТПВ, ефективним, на нашу думку, буде проведення соціального експерименту. Даний метод соціальних досліджень доцільно використовувати з метою перевірки наступної гіпотези: менше 50% жителів будуть сортувати ТПВ, а зібрані окремо відходи будуть низької якості та потребуватимуть додаткового сортування та очищення. Результати експериментів дозволять запровадити роздільне збирання ТПВ у масштабах території м. Бердичів більш ефективно. Крім того, дослідження засвідчили, що доцільно покращити систему транспортування твердих побутових відходів у місті.

Ключовим питанням є забезпеченість підприємств спеціалізованою технікою, що відповідає обмеженням щодо габаритів, вантажопідйомності та

споживання паливно-мастильних матеріалів. Проекти забудови більшості міст країни (м. Бердичів зокрема) не враховували потреби у накопиченні та вивезенні значних обсягів твердих побутових відходів. Крім того, більшість багатоквартирних будинків не мають достатньої кількості місць для паркування автомобілів їх мешканців. Все це створює перешкоди, обмежує рух та суттєво ускладнює збирання ТПВ компаніями-перевізниками.

Отже, потребу ТОВ «Полісся Екосфера» у спеціалізованій техніці, що здійснює перевезення ТПВ, з різними технічними характеристиками визначають наступні чинники: умови об'єктів обслуговування; об'єми ТПВ, характеристики контейнерів та їх розташування; планування та особливості транспортної системи і інфраструктури; вимоги міської ради до перевізників ТПВ (рис. 3.3).

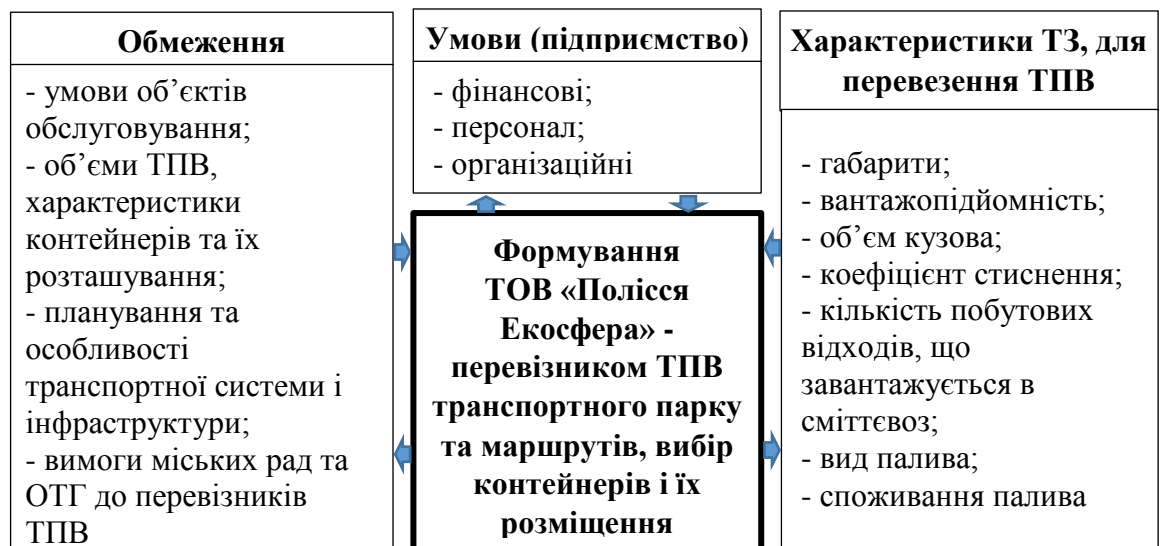


Рис. 3.3. Умови формування ТОВ «Полісся Екосфера» транспортного парку та маршрутів перевезення

Джерело: власні дослідження.

Враховуючи умови та обмеження роботи перевізника, вагомими є, у першу чергу, габарити та вантажопідйомність сміттевозів, вид та кількість палива, що витрачається на їх роботу. В умовах змішаної забудови міста ТОВ «Полісся Екосфера» має у своєму автопарку сміттевози з різною ємністю

кузову та, відповідно, різних розмірів, що забезпечує доступ у прибудинкові території (табл. 3.3). Графік застосування та маршрути транспортних засобів наведено у додатках А-Г.

Отже, автопарк підприємства обладнано різними видами спеціалізованої техніки, що здатні забезпечити виконання послуг з вивезення ТПВ в м. Бердичів. Недоліками автопарку є відсутність сміттевозів останніх поколінь, і певна моральна застарілість обладнання, що використовується. Крім того, всі названі системи мають певні недоліки систем завантаження. Це, наприклад, можливість неповного вивантаження відходів з кузова-контейнера. Названий недолік є достатньо небезпечним з екологічної точки зору адже залишки ТПВ можуть потрапити під час руху сміттевоза у довкілля.

Таблиця 3.3

Технічна характеристика транспортних засобів ТОВ «Полісся Екосфера», що здійснюють перевезення твердих побутових відходів

№ п.п	Державний номер автомобіля	Марка автомобіля	Вантажо-підйомність, т.	Об'єм кузова, куб.м	Коефіцієнт стиснення	Кількість ТПВ, що завантажуються в сміттевоз	Вид палива
1	АМ 30-31 АІ	ЗІЛ 433362 КО 431 сміттевоз	5,4	10	2,5	25	Газ зріджений
2	АМ 25-31 АІ	ЗІЛ 433362 КО 431 сміттевоз	4.5	10	2,5	25	Дизпаливо
3	АМ 97-28 ВЕ	КАМАЗ 4308 КО 431-03 сміттевоз	5	13,1	2,5	33	Дизпаливо
4	ВС 84-38 ВВ	КАМАЗ 4308 КО 431-03 сміттевоз - С	5	13,1	2,5	33	Дизпаливо
5	АМ 37-71 АН	ЗІЛ 433362 КО 431 сміттевоз	4,5	10	2,5	25	Газ зріджений
6	АМ 54-63 ВА	ФОТОН ВJ1043Y8JE6-4 КО 433 сміттевоз	3.2	6	2	12	Дизпаливо
7	АМ 09-95 АТ	ЗІЛ 5301 КО 433 сміттевоз	3,2	6	2	12	Дизпаливо

Джерело: побудовано автором на основі даних ТОВ «Полісся Екосфера».

Таким чином, встановлено, що на вибір спеціалізованої техніки та на формування маршрутів перевезення твердих побутових відходів впливає низка чинників внутрішнього середовища ТОВ «Полісся Екосфера». Врахування їх дії та виконання договірних зобов'язань перед міською радою можливо шляхом застосування логістичних інструментів. Крім того, логістика та оптимізація маршрутів транспортування ТПВ потенційно здатні забезпечити безпеку перевезень.

3.2. Логістика та оптимізація перевезень ТОВ «Полісся Екосфера» твердих побутових відходів

Логістика твердих побутових відходів виконує наступні функції: управління та організація виконання замовлень на вивезення відходів; їх екологічно відповідальне транспортування; планування маршрутів перевезень та необхідних для цього технічних засобів; прогнозування обсягів утворення відходів та розрахунок відповідних їм потреб у контейнерах та спецтехніці; організація та управління процесами сортування, утилізації та складування зібраних твердих побутових відходів (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Модель логістики твердих побутових відходів
ТОВ «Полісся Екосфера»**

Джерело: власні дослідження.

Враховуючи названі умови та обмеження, при формування маршрутів транспортування ТПВ компанія-перевізник ТОВ «Полісся Екосфера» вирішує наступну оптимізаційну задачу: яка спеціалізована техніка має бути відправлена у конкретні житлові райони міста для завантаження. Головним завданням при цьому є максимальне завантаження спецтехніки за мінімального пробігу автомобіля. Оптимізаційним критерієм є мінімізація витрат на проїзд. У якості обмежень можна виділити наступні: час, у який проводить вивезення відходів (не має бути час-пік); тривалість роботи водіїв та допоміжного персоналу; умови місць збирання відходів; оптимальне сполучення між місцями збирання та місцем видалення ТПВ.

Формалізуємо описану нами задачу, для цього введемо умовні позначення. Нехай, x_1, x_2, \dots, x_n – це обсяг твердих побутових відходів, що утворюється на кожній із точок їх тимчасового накопичення-контейнерних майданчиках тощо (n – максимальна кількість точок збору відходів, що обслуговує підприємство). Оскільки на здійснення збору та транспортування ТПВ витрачаються певні кошти (паливо, паливо-мастильні матеріали, оплата роботи працівників, амортизація тощо), то відповідно, на здійснення транспортування x_1 відходів необхідно витратити $x_1 s_1$ коштів. Тоді загальні затрати на транспортування ТПВ будуть мати наступний вигляд: $x_1 s_1 + x_2 s_2 + \dots + x_n s_n$.

У такий же спосіб здійснено формалізацію обмежень, що введено у транспортну задачу. Так, час, у який проводить вивезення відходів матиме вигляд: $x_1 t_1 + x_2 t_2 + \dots + x_n t_n > b_1$. Час перевезення ТПВ (b_1) не має припадати на так званий період час-піку, коли місцеві жителі виїжджають зі спальних районів на роботу та коли рух на дорогах буває ускладненим. Інші обмеження отримали наступні умовні позначення: тривалість роботи водіїв та допоміжного персоналу (p); відстань між місцями збирання та місцем видалення ТПВ (l).

Отже, економіко-математична модель даної задачі матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
Z &= x_1s_1 + x_2s_2 + \dots + x_ns_n \rightarrow \min \\
x_1t_1 + x_2t_2 + \dots + x_nt_n &> b_1 \\
x_1p_1 + x_2p_2 + \dots + x_np_n &\leq b_2 \\
x_1h_1 + x_2h_2 + \dots + x_nh_n &\leq b_3 \\
x_1l_1 + x_2l_2 + \dots + x_nl_n &\leq b_4 \\
x_1, x_2, x_n - \text{цїлі}, x_1, x_2, x_n &\geq 0
\end{aligned}
\tag{2}$$

Крім того, слід враховувати, умови місць збирання відходів та те, що на полігоні відходів, як місці розвантаження зібраних ТПВ, спецтехніка також затримується на певний, іноді досить тривалий час. Адже на в'їзді до полігону ТПВ встановлено шлагбаум та контрольно-пропускний пункт, інформаційний стенд з характеристиками полігону та автомобільні ваги, які використовуються для обліку побутових відходів, що завозяться для захоронення. Після розвантаження, спеціалізований автотранспорт проїжджає через бар'єр з дезінфікуючим розчином. При цьому, на відміну від інших видів перевезень, ТОВ «Полісся Екосфера» не може дозволити собі відмовитись від обслуговування певних маршрутів, що створює ситуацію із вимушеними порожніми пробігами транспорту.

Таким чином, встановлено, що під час планування перевезення вантажів, підприємство-перевізник розв'язує оптимізаційну задачу з багатьма обмеженнями. Використання елементарних засобів розв'язання задач ускладнить процес та не дасть можливість у повній мірі врахувати усі умови формування транспортування ТПВ. Вважаємо, що доцільно використовувати спеціальне програмне забезпечення, що дасть можливість врахувати не лише економічні, а й екологічні обмеження при плануванні. Саме пошуку та аналізу програмного забезпечення присвячено наступну частину дослідження.

3.3. Рекомендації щодо вибору та застосування програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів

Для надання якісних послуг з перевезення твердих побутових відходів, забезпечення безпеки і екологічності процесу та мінімізації собівартості транспортування, необхідно опрацьовувати значні об'єми інформації, враховувати різноманітні чинники та мати можливість швидко реагувати на зміни. Спеціальне комп'ютерне програмне забезпечення, засноване на засобах імітаційного моделювання, здатне забезпечити виконання усіх наведених вимог [32]. Саме вивченню такого програмного забезпечення присвячено підрозділ кваліфікаційної роботи.

Аналіз, наявних у відкритому доступі, даних про інформаційні системи збору та обробки інформації на основі комп'ютерних засобів дозволив виокремити наступні вимоги до їх вибору:

1. Врахування екологічних аспектів управління ТПВ. Програмне забезпечення має враховувати та здійснювати моніторинг кількості утворення ТПВ, небезпечних компонентів відходів, забезпечувати скорочення часу пробігу транспортних засобів та викидів CO₂ у довкілля.

2. Зручність планування. Програмне забезпечення має спеціалізуватись на формуванні та управлінні графіками транспортування твердих побутових відходів, наданні якісних послуг максимальній кількості споживачів, оптимізації маршрутів.

3. Поєднання організаційних та фінансових інструментів. Програмне забезпечення має включати не лише аспекти організації та планування транспортування ТПВ, а також включати опції управління платіжками клієнтів, включаючи таким чином усі напрями діяльності підприємства.

Інформацію про основні програмні продукти представлено у вигляді табл. 3.4. Все відібране програмне забезпечення відповідає наведеним вище вимогам, має певні особливості та рекомендується до застосування

підприємствами-перевізниками твердих побутових відходів, зокрема ТОВ «Полісся Екосфера».

Таблиця 3.4

Порівняння програмного забезпечення для оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів

Назва ПЗ	Характеристики	Особливості
Trash Flow [33]	Маршрутизація перевезень ТПВ Відстеження перевезень Оптимізація та керування маршрутами Розрахунки із клієнтами	Мобільне програмне забезпечення для водіїв
Uzskaitvedis [34]	Маршрутизація перевезень ТПВ Ведення клієнтської бази Розрахунки із клієнтами Реєстр обладнання	Індикатори кількості контейнерів та ступеня заповнення сміттевозів
Waste Logics [35]	Маршрутизація перевезень ТПВ Оптимізація та керування маршрутами Розрахунки із клієнтами	Хмарне рішення забезпечує зберігання резервних копій даних
AMCS Waste Planner [36]	Маршрутизація перевезень ТПВ Оптимізація та керування маршрутами Відстеження перевезень на основі GPS-модуля	Можливість адаптації ПЗ під вимоги клієнтів
Haul IT [37]	Маршрутизація перевезень ТПВ Ведення клієнтської бази Розрахунки із клієнтами Система управління автопарком	Інвентаризація обладнання (контейнери) та моніторинг автопарку

Джерело: побудовано автором на основі [33 - 37].

Наведене програмне забезпечення інтегрує основні процеси, що реалізуються на підприємствах-перевізниках твердих побутових відходів. Крім того, воно автоматизує процеси планування та оптимізації маршрутів транспортування відходів. Вважаємо, що застосування такого програмного забезпечення дозволить максимально врахувати екологічні аспекти та умови роботи підприємств. Так, наприклад, застосування AMCS Waste Planner дозволяє скоротити час пробігу спецтранспорту та викиди CO₂ на 5-20%. Програмне рішення Trash Flow дозволяє відстежувати перевезення та здійснювати оптимізацію маршрутів у реальному часі з урахуванням поточної ситуації, що забезпечує максимальне скорочення використання паливно-мастильних матеріалів та викиди у довкілля. Програма Haul IT здійснює

інвентаризацію контейнерів та моніторинг їх заповнення, що зводить до мінімуму можливість перевантаження баків та розміщення відходів у довкіллі.

Таким чином, програмне забезпечення, що спеціалізується на управлінні процесами планування та організації перевезення твердих побутових відходів дозволяє враховувати основні аспекти діяльності підприємств. Головною перевагою таких програм є можливість врахування екологічних чинників при плануванні маршрутів. Вважаємо, що застосування програмних продуктів забезпечить безпеку збору та транспортування твердих побутових відходів та покращить якість надання послуг компаніями-перевізниками.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили надати такі висновки щодо оптимізації умов безпечного транспортування твердих побутових відходів:

1. Обґрунтовано, що логістичний підхід до планування та організації перевезення твердих побутових відходів забезпечує дотримання екологічних обмежень за мінімальних витрат на організацію діяльності підприємства. Оскільки тверді побутові відходи є специфічним типом вантажу, то при виборі моделей сміттєвозів та плануванні маршрутів їх транспортування необхідно враховувати значну кількість чинників.

2. Встановлено, що потребу ТОВ «Полісся Екосфера» у спеціалізованій техніці, що здійснює перевезення ТПВ, з різними технічними характеристиками визначають наступні чинники: умови об'єктів обслуговування; об'єми ТПВ, характеристики контейнерів та їх розташування; планування та особливості транспортної системи і інфраструктури; вимоги міської ради до перевізників ТПВ.

3. Доведено, що під час планування перевезення вантажів, підприємство-перевізник розв'язує оптимізаційну задачу з багатьма обмеженнями. Використання елементарних засобів розв'язання задач ускладнює процес та не дає можливість у повній мірі врахувати усі умови формування транспортування ТПВ. Вважаємо, що доцільно використовувати спеціальне програмне забезпечення, що дасть можливість врахувати не лише економічні, а й екологічні обмеження при плануванні.

4. Встановлено, що головною перевагою спеціалізованого програмного забезпечення для підтримки компаній-перевізників ТПВ є можливість врахування екологічних чинників при плануванні маршрутів. Вважаємо, що застосування програмних продуктів забезпечить безпеку збору та транспортування твердих побутових відходів та покращить якість надання послуг компаніями-перевізниками.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті підготовки кваліфікаційної роботи отримано практичні результати, що можуть бути використані підприємствами, що спеціалізуються на збиранні та транспортуванні твердих побутових відходів (наприклад, ТОВ «Полісся Екосфера»), а саме:

1. Формування парку спеціалізованих автомобілів проводити з урахуванням комплексу чинників: умов об'єктів обслуговування; об'ємів ТПВ, характеристик контейнерів та їх розташування; планування та особливостей транспортної системи і інфраструктури; вимог міської ради до перевізників ТПВ.

2. Застосовувати програмне забезпечення, що спеціалізується на управлінні процесами планування та організації перевезення твердих побутових відходів. Застосування програмних продуктів забезпечить безпеку збору та транспортування твердих побутових відходів та покращить якість надання послуг компаніями-перевізниками..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу : підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
2. Кацьма, В. І. Сутність та роль логістичного управління в системі управління підприємством // Економічний аналіз : зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол. : В. А. Дерій (голов. ред.) та ін. Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету “Економічна думка”, 2016. Том 23. № 2. С. 60-65
3. Гурч Л. М. Логістика : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. К. : ДП «Видавничий дім «Персонал», 2008. 560 с.
4. Гуторов О.І. Г 97 Логістика: навч. посібник /О.І. Гуторов, О.І. Лебединська, Н.В. Прозорова / Харк. нац. аграр. ун-т. – Харків: Міськдрук. 2011. – 322 с.
5. Хвищун Н. В. Сутність поняття «логістика»: ретроспективний аналіз. Ефективна економіка № 11, 2012
URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1567> (дата звернення: 04.11.2020).
6. Сміттєвоз URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D1%96%D1%82%D1%82%D1%94%D0%B2%D0%BE%D0%B7> (дата звернення: 05.11.2020).
7. Машина-сміттєвоз - основні види URL: <https://analitic.ub.ua/28050-mashina-smittevoz--osnovni-vidi.html> (дата звернення: 05.11.2020).
8. Мусоровозы URL: <https://kievspecteh.in.ua/g51193511-musorovozy> (дата звернення: 05.11.2020).
9. Коммунальная техника URL: https://avtek.ua/c-kommunalnaia-tekhnika?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_term=%D1%81%D0%BC%D1%96%D1%82%D1%82%D1%94%D0%B2%D0%BE%D0%B7&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=%D0%9C%D1%83%D1%81%D0%BE%

D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D1%8B&utm_term=%D1%81%D0%BC%D1%96%D1%82%D1%82%D1%94%D0%B2%D0%BE%D0%B7&gclid=Cj0KCQiAh4j-BRCsARIsAGeV12Dlpl85qwccGcbTORR5gSgZ4XsVQxWsDcBOZcDixaoQQXJ8tFYJ9HEaAugIEALw_wcB (дата звернення: 05.11.2020).

10. ВЛІВ URL: <http://vliv.ua/uk/> (дата звернення: 05.11.2020).

11. Березюк О. В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Вісник машинобудування та транспорту №1, 2015 С. 3-8.

12. Никогосов Х. Н. Современные системы, оборудование и машины для сбора и транспортирования твёрдых бытовых отходов. Твёрдые бытовые отходы. 2006. № 5(11). С. 1–4.

13. Золотар Л.В. Визначення функціональн-планувальних зон первинних пунктів збору твердих побутових відходів. Містобудування та територіальне планування. 2012 р. №46 (31). С. 235 – 245.

14. Попович В. В., Придатко О. В., Сичевський М. І., Попович Н. П., Панасюк М. А. Ефективність експлуатації сміттевозів у середовищі "Місто – Сміттєзвалище". Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(10). С. 73–76

16. Управління відходами: вітчизняний та закордонний досвід: Посібник/ за ред. О. І. Бондаря.- К.: Айва плюс Лтб, 2008.-196 с.

17. Попович В. В. Поводження із твердими побутовими відходами (вітчизняний та зарубіжний контекст). Науково-технічний збірник : «Комунальне господарство міст». 2012. № 105. С. 476-482.

18. Оптимізація. Словник UA URL: <https://slovnyk.ua/index.php?sword=%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D1%96%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F> (дата звернення: 05.11.2020).

19. Посилкіна О. В., Деренська Я. М. Оптимізація логістичних рішень та управління логістичними ризиками : метод. рек. до практ. занять для здобувачів вищої освіти, які навчаються за освітньою програмою «Логістика». Х. : НФаУ, 2018. – 61 с.

20. Огієнко С. О., Дзьобко І. П. Оптимізація логістичних рішень : конспект лекцій. Х. : Вид-во «ХНЕУ», 2008. 88 с.
21. Савченко Л. В. Оптимізація логістичних рішень. К. : НТУ, 2008. 252 с.
22. Методи оптимізації і планування. URL: https://web.posibnyku.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp'yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/5..htm (дата звернення: 05.11.2020).
23. Балабанова Л.В., Германчук А.М. Логістика: підручник. Львів: Видавництво ПП «Магнолія 2006», 2013. 368с.
24. Бакута А. Теоретичні основи логістики: минуле та сьогодення Схід. 2012. № 4. С. 3-9.
25. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.
26. Скіцько В.І., Ігнатова Ю.В. Моделювання багатоцільових оптимізаційних задач логістики у малому бізнесі. Науковий вісник Ужгородського університету 2016. Серія Економіка. Випуск 2 (48). С. 233 – 240.
27. Методи аналізу та оптимізації в логістиці URL: http://dl.khadi.kharkov.ua/pluginfile.php/70510/mod_resource/content/1/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%B0%202.docx.pdf (дата звернення: 05.11.2020).
28. Житлово-комунальний горизонт Бердичева до 2022 року сформовано! URL: <https://www.rio-berdychiv.info/novini/na-pravakh-reklami/itemlist/date/2019/10.html> (дата звернення: 05.11.2020).
29. Про хід виконання заходів з охорони навколишнього природного середовища у м. Бердичіві URL: <https://berdychiv.com.ua/2020/02/%D0%BF%D1%80%D0%BE-%D1%85%D1%96%D0%B4-%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B2-%D0%B7-%D0%BE%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8-%D0%BD%D0%B0/> (дата звернення: 05.11.2020).

30. Іщенко В. Поводження з небезпечними компонентами побутових відходів у Вінницькій області. 2016 р.
URL: https://www.researchgate.net/publication/319528404_POVODZENNA_Z_NE_BEZPECNIMI_KOMPONENTAMI_POBUTOVIH_VIDHODIV_U_VINNICKIJ_O_BLASTI
31. Фишо Ф. Руководство по современному управлению твердыми бытовыми отходами. Программа Тасис «Устойчивое развитие в Украине». К. 316 с.
32. Кір'янов О.Ф., Чередник Р.Є. Оптимізація планування маршрутів руху транспортних засобів комунальних підприємств. Екологічна безпека. 3-4. 2008 (3-4). С. 66-69.
33. Trash Flow URL: <https://www.trashflow.com/> (дата звернення: 05.11.2020).
34. Uzskaitvedis URL: <http://www.uzskaitvedis.lv/rus/?ct=57486585> (дата звернення: 05.11.2020).
35. Waste Logics URL: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/waste-logics/> (дата звернення: 05.11.2020).
36. AMCS Waste Planner URL: <https://www.amcsrouting.com/industries/waste/> (дата звернення: 05.11.2020).
37. Haul IT URL: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/haul-it/> (дата звернення: 05.11.2020).
38. Роїк І.В. Логістика твердих побутових відходів. Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції (19 листопада 2020 р.) : зб. тез. Житомир : Поліський національний університет, 2020. С. 76-77.
39. Ращенко А. В., Лесь А. В., Роїк І. В., Нелеп І. В. Перевезення твердих побутових відходів як частина транспортної системи міст та ОТГ. Економіка та держава. 2020. № 11. С. 88-91
URL: <http://www.economy.in.ua/?op=1&z=4794&i=15> (дата звернення: 05.11.2020).

40. Роїк І.В. Спеціалізована техніка для транспортування твердих побутових відходів. «Магістерські читання – 2020» III конференція магістрів (Житомир, 2020 р.). С.

ДОДАТКИ