

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ

*Кафедра транспортних технологій*

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

**СВО «МАГІСТР»**

**на тему:** «Підвищення ефективності транспортування побутових відходів у м. Суми».

**Виконав:** здобувач вищої освіти  
2м курсу, групи ТРТ 2301м,  
спеціальності 275 «Транспортні  
технології (за видами)» спеціалізації  
275.03 «Транспортні технології  
(на автомобільному транспорті)»

Макаров Данііл Сергійович

(прізвище та ініціали)

**Керівник:** доцент Ярошенко П. М.

(прізвище та ініціали)

**Рецензент:** доцент Циганенко Л. А.

(прізвище та ініціали)

Суми – 2024

**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ****Факультет будівництва та транспорту****Кафедра:** транспортних технологій**Ступінь вищої освіти:** «Магістр»**Спеціальність:** 275 «Транспортні технології (за видами)»**Спеціалізація:** 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету будівництва та транспорту

\_\_\_\_\_ к.т.н, доцент Соларьов О. О.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ****НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ***Макарова Данііла Сергійовича*

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** «Підвищення ефективності транспортування побутових відходів у м. Суми».**керівник кваліфікаційної роботи:** к.т.н., доцент Ярошенко Павло Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом закладу вищої освіти від «29» 03. 2024 року № 932/ос

**2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи:** 18 грудня 2024 року**3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:** Річні звіти базового підприємства, нормативно-технічна документація, наукові та літературні джерела, інтернет-ресурси, наукові звіти.**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**  
реферат, вступ, аналітична частина (розділ 1), основна частина (розділ 2), охорона праці (розділ 3), техніко-економічне обґрунтування (розділ 4), висновки, список використаної літератури, додатки.**5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** \_\_\_\_\_  
Ілюстративний матеріал у вигляді презентації Microsoft Power Point на 10 аркушах (слайдах) формату А4

**6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<b>Економічне обґрунтування</b>	к.е.н., доцент Тарельник Н. В.		
<b>Охорона праці</b>	ст. викладач Таценко О. В		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_ *04 березня 2024 року*

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	до 15.01.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 19.02.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 04.03.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 18.03.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Аналітична частина»	до 01.05.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Основна частина»	до 02.09.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Охорона праці»	до 01.10.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Економічне обґрунтування»	до 18.11.2024 р.	
9.	Написання висновків та пропозицій	до 02.12.2024 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 10.12.2024 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 13.12.2024 р.	
12.	Подання до попереднього захисту	до 18.12.2024 р.	

**Здобувач вищої освіти** \_\_\_\_\_

( підпис)

**Макаров Д. С.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної роботи** \_\_\_\_\_

( підпис)

**Ярошенко П. М.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи має 44 сторінки машинописного тексту, 14 рисунків, 3 таблиці, 23 літературних джерела, 10 аркушів графічної частини (слайди на диску).

### **ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, АВТОПАРК, ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ, АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО, СМІТТЄВОЗ, СОБІВАРТІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ**

*Об'єктом досліджень є технологічний процес транспортування побутових відходів в обласному центрі м. Суми.*

В даній магістерській роботі йдеться мова про підвищення ефективності транспортування побутових відходів, які мають місце створюватися в обласному центрі м. Суми. Робота має чотири розділи.

Актуальність досліджень обумовлена недостатньою вивченістю впливу кількості і вантажності транспортних засобів на ефективність перевезення побутових відходів на переробку або сміттєзвалище.

Проведена обробка результатів досліджень. Визначені економічні показники транспортування побутових відходів.

За результатах досліджень наведені висновки та запропоновані шляхи оптимізації транспортування побутових відходів у м. Суми.

## ЗМІСТ

Реферат .....	4
Вступ .....	6
1. Схеми транспортування сміття .....	7
1.1. Контролювання вивезення сміття на полігон та переробку .....	7
1.2. Визначення раціональних потоків вивезення сміття .....	14
1.3. Висновки до розділу.....	18
2. Багатокритеріальна оптимізація логістичних маршрутів збору і вивезення ТПВ .....	20
3. Охорона праці.....	33
4. Техніко-економічне обґрунтування.....	36
Загальні висновки.....	40
Література.....	41
Додатки.....	44

## ВСТУП

Необхідною умовою забезпечення нормальної життєдіяльності населення, санітарного очищення міста, охорони навколишнього середовища та ресурсозбереження є своєчасне та грамотне транспортування твердих побутових відходів (ТПВ). Багатотонні відходи споживання, товари і вироби, що служили свій термін, а також непотрібні людині всілякі продукти і залишки не тільки катастрофічно ростуть в об'ємах, але і стають все більш токсичними та отруйними і вимагають своєчасного вивезення.

ТПВ є відходами сфери споживання, що утворюються в основному в результаті життєдіяльності населення, а також підприємствами у процесі своєї діяльності. Вони складаються з матеріалів, які не придатні для подальшого використання в побуті. Ці відходи утворюються та накопичуються у житлових будинках, установах, підприємствах громадського призначення.

Проблеми екології постають дедалі гостріше. Крім того, що ми можемо доглядати довкілля, ми можемо і як мінімум не шкодити йому. Один із способів убезпечити природу від шкідливого впливу наслідків людської діяльності – це вивіз побутового сміття та побутових відходів. Це можливо завдяки сучасній техніці та компаніям, які здійснюють даний вид діяльності. Побутове сміття накопичується дуже швидко і створює неприємну картину на прибудинковій або промисловій території, більше того, воно може стати причиною появи гризунів та джерелом різних захворювань. Щоб дотримуватись санітарно-епідеміологічних норм і не допустити шкідливого впливу на екологію, необхідний вивіз сміття.

Система знешкодження ТПВ, що склалася, заснована на похованні переважної більшості відходів (до 98%) на полігонах і неорганізованих звалищах. Як тут не згадати європейський підхід до проблеми: все, що можна використати вдруге, піддати рециклінгу, а все, що залишилося, спалити. І ніколи нічого не закопувати!

Однак проблема вивезення твердих побутових відходів як на ближні так і дальні відстані як була, так і залишається гострою .

## РОЗДІЛ 1.

### СХЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ СМІТТЯ

#### 1.1 Контролювання вивезення сміття на полігон та переробку

В умовах сучасної економіки України управління техногенними відходами набуває нового значення в порівнянні з періодом економіки командно-адміністративної системи.

Зі зростанням міст, швидким збільшенням міського населення та споживання товарів, гігантським чином зростає обсяг міських твердих побутових відходів. Основною причиною випередження Україною провідних країн світу за показниками ресурсомісткості економіки є нижчий рівень розвитку виробничої бази та відсталість технології, недосконала структура промисловості. Багато видів продукції, що випускаються в Україні з прогресивних ресурсозберігаючих технологій, займають низьку частку.

Вивіз, зберігання та переробка твердо-побутових відходів (ТПВ) – специфічна та соціально важлива сфера муніципальних послуг.

Сфера поводження з ТПВ є прикладом суспільного блага, якому притаманні всі ознаки суспільних благ: неподільність, відсутність конкуренції у споживанні та неприсвоюваність. Від результатів організації обороту ТПВ безпосередньо залежить екологічна безпека громадян. Тому ця сфера перебуває у веденні держави.

Процес поводження з відходами включає кілька взаємозалежних етапів.

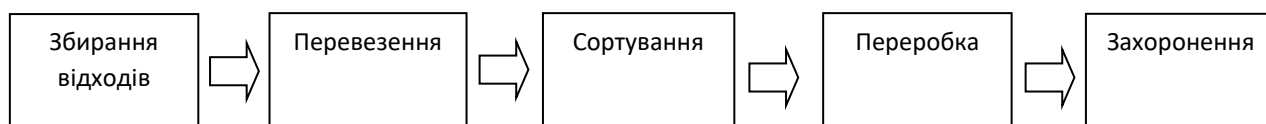


Рис. 1.1 – Процес поводження з відходами

Збором відходів займаються домовласники, керуючі підприємства ЖКГ, територіальні громади, приватні підприємства. Перевезення ТПВ – це вивіз сміття з місць збору відходів до сортувальної станції. Сортування ТПВ

здійснюється на сміттесортувальних станціях. Переробка ТПВ проводиться на сміттєпереробних заводах. Поховання відходів відбувається на полігоні.

Внаслідок щоденної діяльності людини утворюється велика кількість твердих побутових відходів. Для підтримки у місті нормальної екологічної обстановки необхідно вчасно вивозити побутове сміття. Збір та вивіз ТПВ здійснюється у спеціальних контейнерах об'ємом 0,8 куб. м, 1,1 куб. м, а також у прес-контейнерах та бункерах [2].

Своєчасне вивезення промислових відходів необхідне тому, що дані відходи найчастіше містять шкідливі речовини, що не тільки забруднює навколишнє середовище, а й завдають шкоди здоров'ю людини. Вивіз сміття, що залишається після виробництва, відбувається у спеціально призначених для цього контейнерах-накопичувачах. Основний спосіб утилізації промислових відходів – це їх вивезення у спеціальні сміттєві полігони. Крім того, невелика частина промислових відходів спалюється у високотемпературних печах.

Види послуг підприємства:

- збір ТПВ;
- вивіз ТПВ.

Гетерогенна суміш невизначеного складу, чорні та кольорові метали, папір текстиль, скло, пластмаса, токсично-небезпечні гниючі харчові та рослинні залишки, каміння, дерево, гума – все це токсичні і небезпечні компоненти ТПВ. До них відносяться різні відпрацьовані електрохімічні джерела струму, батарейки та акумулятори прилади, що містять ртуть, люмінесцентні лампи, а також не придатні до використання лікарські препарати, залишки лакофарбових матеріалів, інсектициди та гербіциди, розчинники, очищаючі та відбілюючі засоби, відпрацьовані оливи і мастильні матеріали та інше. Найбільшу небезпеку являють собою відпрацьовані ртутні лампи, люмінесцентні та енергозберігаючі, що відносяться до відходів високого класу небезпеки, надзвичайно небезпечні. В енергозберігаючій лампі, яка витісняє із побутового вжитку лампу накалювання, міститься ртуть, в люмінесцентних лампах, які використовуються в промислових приміщеннях і установах, також є ртуть, так як і в медичному термометрі. Постійна присутність у міському середовищі і в ТПВ ртуті значною

мірою пов'язана з неправильною утилізацією ртутьотримуючих приладів, що вийшли з ладу.

Оргтехніка, кількість якої збільшується з кожним роком, відслуживши своє теж потрапляє в категорію ТПВ. До складу оргтехніки входять як органічні складові, так і пластикові матеріали на основі фенолформальдегіду, полівінілхлориду так і широкий спектр металів. Дані компоненти не становлять небезпеки в процесі експлуатації виробу. При закінченні термінів експлуатації або при поломці різна оргтехніка викидається на сміттєзвалищі і при цьому ситуація змінюється в не на краще. Метали, що входять до складу електронних плат, такі як свинець, ртуть, кадмій під впливом умов довкілля переходять в органічні добре розчинні сполуки і, як результат, стають найсильнішими отрутами.

Проблема екологічної небезпеки твердих побутових відходів гостро стоїть перед Україною. Вона зачіпає всі стадії поводження з ТПВ починаючи з їх збирання та транспортування і закінчуючи підготовкою до використання компонентів після утилізації та знищенням або похованням фракцій, що не використовуються. Дотепер немає єдиної системи регламентуючих документів для твердих побутових та прирівняних до них відходів. Одні документи визначають умови поводження з ТПВ інші з промисловими, медичними, біологічними відходами, треті з відходами виробництва та споживання. Досі не визначено ступінь та клас небезпеки ТПВ залежно від вмісту в їх складі токсичних речовин, зокрема важких металів, свинцю, кадмію, нікелю, хрому та інших канцерогенів та мутагенів, патогенних мікроорганізмів та життєздатних яєць гельмінтів. При транспортуванні відходів не завжди враховується необхідність мінімізації прогону автомобільного транспорту, який сам був інтенсивним джерелом забруднення атмосфери і використання високонавантажених сміттєвозів має значення не тільки з точки зору витрат пального, але і з екологічної точки зору.

Тому об'єм ТПВ, що постійно збільшується, ставить завдання утилізації, знешкодження, переробки і в першу чергу безпечного транспортування та вирішення питань забезпечення безпеки людей, які мають відношення до

транспортування вантажів, безпеки вантажу і герметичності. При виникненні аварійної ситуації може постраждати довкілля від потрапляння шкідливих і отруйних речовин в атмосферу або водоймища, що загрожує виникненням проблем екологічного характеру. У відповідності до законів нашої держави – невиконання або неналежне виконання законодавства України в галузі поводження з відходами посадовими особами і громадянами тягне за собою дисциплінарну, адміністративну, кримінальну або цивільно-правову відповідальність у відповідності до законодавства держави [1].

Таблиця 1.1 – Типізація ділянок території одного із районів м. Суми з інтенсивності утворення ТПВ

Тип ділянки території з інтенсивності утворення ТПВ	Характер житлової забудови	Чисельність населення, що постійно проживає	Інтенсивність утворення ТПВ, м <sup>3</sup> /(доб. · км <sup>2</sup> )
1	малоповерхова	до 50	до 0,35
2	змішана, переважно малоповерхова	50...1000	0,35...1,35
3	змішана, переважно багатоповерхова	1000...10000	1,35...9,0
4	багатоповерхова житлова	більше 10000	більше 9,0

У надзвичайній ситуації, що склалася, питання оптимізації вивезення ТПВ, грамотної переробки та утилізації стає найважливішим питанням життєдіяльності людей. Підвищення економічної та екологічної ефективності роботи автотранспортних підприємств, що здійснюють транспортування ТПВ, можливе через автоматичне управління їхньою діяльністю. Тому метою наших досліджень є вивчення впливу моніторингу транспортних засобів на економічну та екологічну ефективність роботи автотранспортних підприємств, які здійснюють транспортування ТПВ.

Для здійснення безпечних перевезень ТПВ використовується телематичне обладнання. Навігаційна апаратура або навігаційне телематичне обладнання =

основна складова системи моніторингу транспорту. Телематичне навігаційне обладнання призначене для автоматизування збору інформації про місцезнаходження транспортних засобів, визначення координат на базі супутникових навігаційних систем GPS та швидкості руху транспорту на маршрутах прямування та передачі даних до диспетчерського центру, а при виникненні нештатних ситуацій передати сигнали тривоги.

Системи контролю мобільних об'єктів (СКМО) складаються з бортового обладнання, терміналу, антенно-підсилювального пристрою і т. д., сервера диспетчерського центру. Термінали встановлюються на контрольовані транспортні засоби які визначають координати транспортного засобу, а також контролюють стан встановлених датчиків, що забезпечують канал голосового зв'язку з диспетчерською службою, здійснюють передання даних на сервер або в диспетчерський центр. Диспетчерський центр забезпечує запис та зберігання інформації про місцезнаходження об'єкта і стан датчиків, здійснює обробку інформації, що надійшла, і виводить її на екран монітора. Розташування об'єкта може відображатися на фоні електронної карти місцевості. За інформацією, що надійшла, відбувається формування звітів з транспортних засобів. Система формування звітів про транспортні засоби дозволяє користувачам СКМО отримати дані про пробіг, простій, час в дорозі та іншої навігаційної інформації для транспортних засобів рис. 1.2.

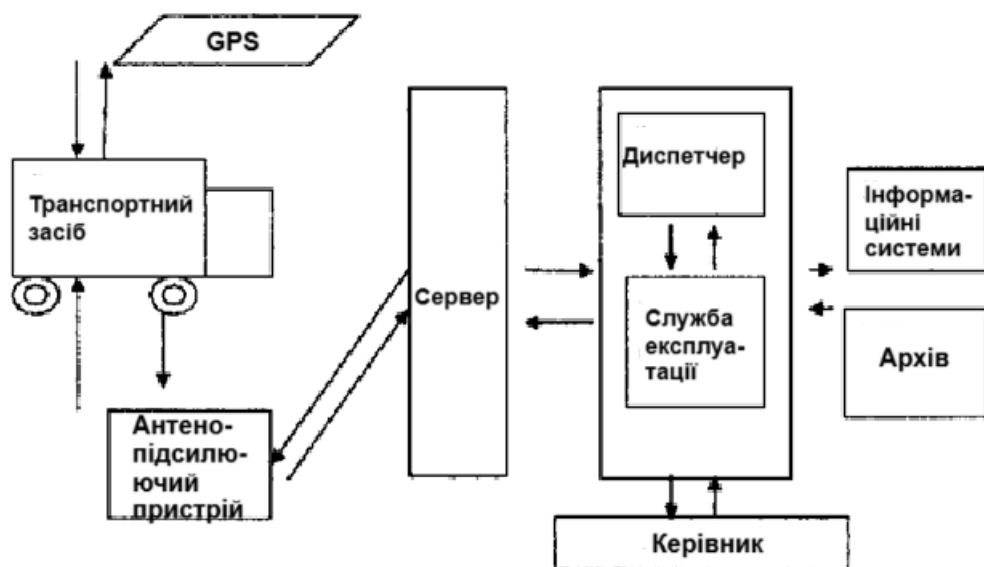


Рис. 1.2 – Схема системи контролю транспортних засобів

Багатоканальні супутникові навігаційні приймачі серія БНП здійснюють автоматичний пошук прийом та обробку сигналів супутників радіонавігаційних систем GPS (США) визначають навігаційно тимчасові параметри споживача в режимі реального часу.

Автомобільний трекер GPS призначений для роботи в системах контролю мобільних об'єктів, що забезпечують віддалений контроль та керування транспортними засобами в режимі реального часу.

Автомобільний навігатор GPS типу «Сиріус» має широкоформатний ЖК дисплей з технологією сенсорного керування. Основні функції даного пристрою – це навігація та технологія обчислення оптимального маршруту проїзду транспортного засобу по дорогах та подальшого ведення по маршруту за допомогою візуальних та голосових підказок про маневри, повідомлення оперативної інформації про пробки. На навігаторі є встановлена карта України (можливі різні варіанти), також є можливість перегляду відео та фотографій прослуховування аудіозаписів підключення в них пристроїв [3].

Застосування систем контролю мобільних об'єктів зокрема на транспортних засобах, призначених для перевезення ТПВ, дозволяє вирішити наступні завдання:

- контроль відвідування об'єктів вивезення;
- контроль місця вивантаження контейнера;
- контроль ненормативних простоїв;
- контроль кількості заходів на полігон поховання;
- контроль часу виходу на лінію;
- контроль повернення до парку;
- відсікання ненормативного використання транспортного засобу;
- оперативне керування транспортними засобами при виникненні нештатних ситуацій, можливість направити на завдання найближчий транспортний засіб;
- контроль пробігу та витрати палива;
- повний час роботи двигуна, год;
- рівень палива в баку;

температура двигуна, обороти двигуна;  
швидкість автомобіля км/год;  
навантаження на вісь і т.д.

Таким чином, впровадження системи моніторингу вигідно економічно.

Експлуатаційні витрати на комунально-побутові машини скорочуються в середньому на 10 %. Це пов'язано зі зменшенням нецільового використання автотранспорту водіями, збитки від розкрадань, приписок та інших зловживань. Як показала практика, система моніторингу автотранспортних засобів дозволяє економити ПММ на 12...15 % [8].

Виявляються порушення, допущені водієм, такі як недотримання швидкісного режиму роботу двигуна з надмірним навантаженням, тощо.

Відбувається збільшення часу між ремонтами знижуються витрати на технічні обслуговування автомобілів.

Автомобільний парк можна використати з більшою ефективністю, можна розробити оптимальні маршрути з урахуванням виникаючих автомобільних пробок в залежності від часу доби. В результаті досягається скорочення пробігу автотранспортного засобу на 5...10 %, скорочення часу простою на 8...12 %.

Запобігається викрадення автомобільного транспорту, а у разі викрадення спрощується розслідування.

В результаті порівняльної характеристики роботи та особливостей експлуатації автотранспортних засобів однієї групи можна вибрати оптимальні режими експлуатації автомобільного парку.

З екологічної точки зору, зменшення пробігу та простою автотранспортного засобу та правильна технічна експлуатація призводить до зменшення кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Відповідно до законодавства України за забруднення навколишнього природного середовища викидами шкідливих забруднюючих речовин в атмосферне повітря та інші види впливу на нього з фізичних та юридичних осіб стягується плата. Плата розраховується виходячи з даних про кількість витраченого палива При зменшенні кількості

витраченого палива зменшується і плата за забруднення навколишнього природного середовища.

У сучасних умовах напруженого транспортного потоку відсутність достовірної та оперативної інформації про місце розташування транспортного засобу призводить до неефективного керування та недостатньо якісного обслуговування. В результаті впровадження нових систем стеження та керування транспортним засобом знижується аварійність на транспортних магістралях. Організація дорожнього руху за допомогою систем контролю мобільних об'єктів дозволяє оперативно отримувати інформацію про транспортні потоки про реальну ситуацію на дорогах в реальному часі. Отримання оперативної інформації водієм призводить до зменшення простоїв транспортного засобу в пробках, на дорогах – вибір оптимального шляху прямування транспортного засобу до місця призначення. Все це призводить до зменшення транспортних витрат і як наслідок зменшення кількості шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу кожним транспортним засобом. Аналіз отриманої інформації дозволить транспортним підприємствам виробити найбільш оптимальні маршрути слідування транспортних засобів в залежності від призначення транспортного засобу і вибрати зручніші графіки руху.

Перспективи розвитку телематичних систем багатообіцяючі. Всі найбільші виробники автомобілів і автоматичної електроніки беруть участь у розробках телематичних систем В даний час провідні виробники активно впроваджують телематику як базову функцію автомобіля.

## **1.2 Визначення раціональних потоків вивезення сміття**

Однією з важливих невирішених проблем, людей, що виникають у процесі життєдіяльності на території міста, є утворення великої кількості твердих побутових відходів. Їх необхідно організовано збирати, вивозити та утилізувати. Процеси вивезення ТПВ розглядаються разом із іншими суміжними процесами та явищами, які загалом утворюють систему обороту ТПВ. Це дозволяє застосувати логістичні принципи дослідження системи. Однією з особливостей

функціонування системи обороту ТПВ є випадковий характер процесів, тому всі рішення мають спиратися на результати статистичної обробки даних фактичного її стану.

Завдання підвищення ефективності функціонування цієї системи не має простих і очевидних рішень і має базуватися на строго науковому підході та обґрунтованій методичній основі. В якості критеріїв функціонування системи необхідно розглядати не лише економічні, а й соціальні та екологічні параметри.

У сучасних наукових працях, пов'язаних із проблематикою управління зверненням ТПВ, найбільша увага приділяється тому, як змінити конкретну організацію, а чи не всю систему, у межах якої вона існує. Одним з факторів, що гальмують процес підвищення ефективності функціонування системи ТПВ, є фрагментарність розгляду проблеми, виділення чи окремих стадій, чи окремих функціональних елементів. Огляд наукових праць, присвячених дослідженню питань ТПВ, дозволяє зробити наступні висновки: проблеми обороту ТПВ розглядаються з низьким рівнем системності; має місце недостатнє використання економіко-математичного інструментарію при пошуку заходів підвищення якості та ефективності функціонування системи обороту ТПВ; не повністю виявлено та обґрунтовано фактори, що визначають поточні обсяги накопичення ТПВ; немає науково-практичних методик прогнозування обсягів освіти ТПВ; немає даних за обсягами перевезень, середніх відстаней перевезень, середнього часу навантаження, періодичності вивезення та ін; відсутні ефективні методики планування та управління процесами перевезень ТПВ.

Характерною практичною особливістю організації та планування вивезення ТПВ є її здійснення лише на частини етапів життєвого циклу. Всебічний аналіз впливу ТПВ на людину та навколишнє середовище не можливе без урахування інших супутніх факторів. Це цілком узгоджується із системним і екологічним підходами у розгляді проблем обороту ТПВ. Вирішення поставленого завдання доцільно розпочати з докладного аналізу даної системи, яка має складну структуру, функціонує поетапно та залежить від впливу численних факторів. Очевидно, що коло дослідження має бути обмежене та

охоплювати елементи та процеси в системі, які піддаються управлінню в реальних умовах дослідження.

Разом з тим, все більше екологічне лімітування подальшого економічного розвитку об'єктивно зумовлює необхідність екологізації сучасної господарської практики, формування принципово нового підходу до вивчення процесів функціонування суб'єктів господарювання.

Розгляд та використання системи «екологічний життєвий цикл ТПВ» дозволило з меншими витратами розробити єдину технологічну схему взаємодії процесів збору, транспортування та розподілу відходів на основі системного підходу, створити та реалізувати надійну методику прогнозування обсягу ТПВ, зменшити протиріччя між елементами соціо-природо-економічної системи при виробленні організаційно-управлінських рішень, знизити негативний вплив на довкілля.

Логічну схему регіональної соціо-природо-економічної системи (рис. 1.3.), яка включає керовану логістичну систему (КЛС) доставки ТПВ на переробку та утилізацію можна подати у вигляді дворівневої ієрархії з одним центральним учасником – регіональною керуючою ланкою (РКЛ) та учасниками на нижньому рівні: КЛС та зовнішнє та навколишнє середовище [2].

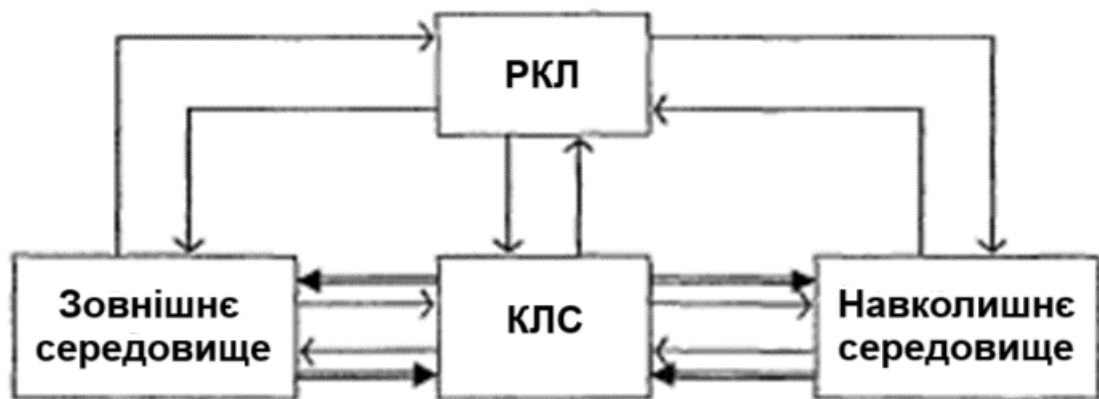


Рис. 1.3 – Логістична схема регіональної соціо-природо-економічної системи:

- інформаційні потоки, керуючі впливи;
- → матеріальні потоки (ресурси, відходи).

Баланс матеріальних потоків ТПВ (рис. 1.3) регіональної соціо-природо-економічної системи можна записати у вигляді [6]:

$$Q_{\text{факт.}} = Q_1 + Q_{\text{нв}} + Q_{\text{мпс}} = Q_1 + Q_{\text{нв}} + Q_{\text{хр}} + Q_{\text{жф}} + Q_2 + Q_y, \quad (1.1)$$

де  $Q_1$  – кількість ТПВ, що випадають із загального потоку руху, після первинного сортування на пунктах збору;  $Q_{\text{нв}}$  – кількість ТПВ не вивезених із пунктів збору до контрольного моменту часу;  $Q_{\text{хр}}$  – кількість ТПВ не вивезених зі сміттєпереробної станції (СПС) до контрольного моменту часу;  $Q_{\text{жф}}$  – кількість рідких фракцій, що утилізуються на СПС;  $Q_2$  – кількість ТПВ, що вивозяться на вторинну переробку;  $Q_y$  – кількість ТПВ, що вивозяться на утилізацію, на полігони.

Метою функціонування регіональної соціо-природо-економічної системи є вироблення оптимальних співвідношень між зростанням економічних показників, що характеризують роботу транспортно-логістичної системи доставки ТПВ на утилізацію та поховання та параметрами якості навколишнього середовища. Ця мета знаходить своє відображення в запропонованому критерії завдання підвищення ефективності функціонування соціо-природо-економічної системи, яку формулюватимемо як завдання мінімізації загальної суми витрат на просування потоків ТПВ від пунктів їх збору до СПС, підприємств переробки вторинної сировини та полігонів поховання [4].

Ці затрати можна можуть бути записані у вигляді:

$$S = S_{\text{тр}} + S_{\text{нв}} + S_{\text{пер}} + S_{\text{хр}} - S_2 + S_{2\text{тр}} + S_y + S_{y\text{тр}} + S_{\text{екп}}, \quad (1.2)$$

де  $S_{\text{тр}}$  – транспортні витрати на доставку ТПВ з пунктів збору на СПС з урахуванням плати за забруднення навколишнього середовища спеціалізованими автомобілями транспортного підприємства;  $S_{\text{нв}}$  – витрати, пов'язані зі штрафними санкціями з боку РКЛ, що накладаються на транспортне підприємство внаслідок не вивезення частини ТПВ з пунктів збору;  $S_{\text{пер}}$  – витрати, пов'язані з переробкою ТПВ на сміттєпереробній станції;  $S_{\text{хр}}$  – витрати, пов'язані зі штрафними санкціями, що накладаються на транспортне

підприємство за невчасне вивезення розсортованих частин ТПВ з СПС;  $S_2$  – вартість відходів, що є сировиною придатною для вторинної переробки;  $S_{2\text{тр}}$  – витрати, пов'я'ані з транспортуванням відсортованої частини ТПВ на підприємства переробки вторинної сировини з урахуванням плати за забруднення навколишнього середовища спеціалізованими автомобілями транспортного підприємства;  $S_y$  – витрати, пов'я'ані з утилізацією частини ТПВ, відсортованих на СПС, які не придатні для переробки;  $S_{y\text{тр}}$  – витрати, пов'я'ані транспортуванням відсортованої частини ТПВ на утилізацію з урахуванням плати за забруднення довкілля спеціалізованими автомобілями транспортного підприємства;  $S_{\text{екп}}$  – витрати, пов'я'ані з відшкодуванням еколого-економічної шкоди довкіллю від використання конкретної марки автомобіля.

Використання запропонованої математичної моделі дозволяє забезпечити погодження діяльності з вивезення ТПВ на всіх етапах та напрямках (формування маршрутів, вибір рухомого складу, розробка тимчасових графіків, визначення правил взаємодії всіх ланок системи та ін.), з побудовою насамперед оптимального змінно-добового плану роботи рухомого складу у вигляді послідовності відвідування пунктів збору ТПВ та прогнозованого часу прибуття на СПС, а також змінно-добового плану роботи рухомого складу під час вивезення відходів на сортування.

### **Висновки до розділу.**

На процес утворення, збору, вивезення та утилізації ТПВ з одного боку впливають безліч факторів (кількість населення, його життєвий рівень, ступінь розвитку соціальної інфраструктури та ін.), а з іншого боку він є причиною впливу на багато характеристик життєдіяльності людини, насамперед, пов'я'ані з екологією.

*Метою магістерської роботи є підвищення ефективності перевезення побутових відходів на переробку чи сміттєві полігони.*

Для вирішення поставленої задачі необхідно:

виконати аналіз наукових публікацій по дослідженнях технологій транспортування побутових відходів;

окреслити проблеми в технологіях перевезення побутових відходів та запропонувати ефективні рішення, що впливають на їх збирання і транспортування;

визначити техніко-економічні показники транспортування побутових відходів в місті.

*Об'єкт дослідження* – технологічний процес транспортування побутових відходів.

*Предмет дослідження* – вдосконалення технології транспортування побутових відходів.

## РОЗДІЛ 2

### БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ ЗБОРУ І ВИВЕЗЕННЯ ТПВ

Сьогодні безліч підприємств, котрі займаються логістикою, вимагають оптимізації маршрутів, зменшення витрат і збільшення прибутку. Але на даний момент існують автоматизовані системи, основною метою яких є оптимізація торгової логістики, на що і розраховані алгоритми, що використовуються в цих системах. Для деяких компаній, таких як клінінгові, необхідний трохи інший підхід – оптимізація загального часу та відстані обходу всіх точок у місті. Оптимізація за кількома критеріями (необхідна кількість автомашин або мінімальний час обходу всіх точок) є найбільш вигідною схемою роботи такої інформаційної системи. Збір і транспортування твердих побутових відходів (ТПВ) з різних причин, в основному – економічним і соціальним, розглядаються як один з найбільш важливих елементів системи управління твердими відходами. Більше 60% витрат на системи управління твердими відходами в різних країнах обумовлено збиранням та транспортним процесом, включаючи трудові витрати, високу ціну на паливо, обладнання та обслуговування обладнання. Тому як ніколи актуальне завдання оптимізації маршрутів збору і вивезення ТПВ. Недостатньо оптимізувати маршрут для одного транспортного засобу, необхідна оптимізація роботи всього парку клінінгової компанії, при цьому досить важливим є питання обліку статистичних даних, що використовуються при оптимізації. Існує безліч готових програмних рішень для складання оптимальних маршрутів обходу декількох точок. Однак основною областю, для якої ведуться ці розробки, є логістика. Є принципова відмінність логістичного маршруту від маршрутів клінінгових машин – це область оптимізування. У логістиці оптимізується час обходу точок машиною для повного її розвантаження. Для парку клінінгової компанії потрібно одночасний обхід всіх точок за мінімальний час [18].

Запланований процес із використанням спеціалізованої інформаційної системи будується за кілька кроків (рис. 2.1).

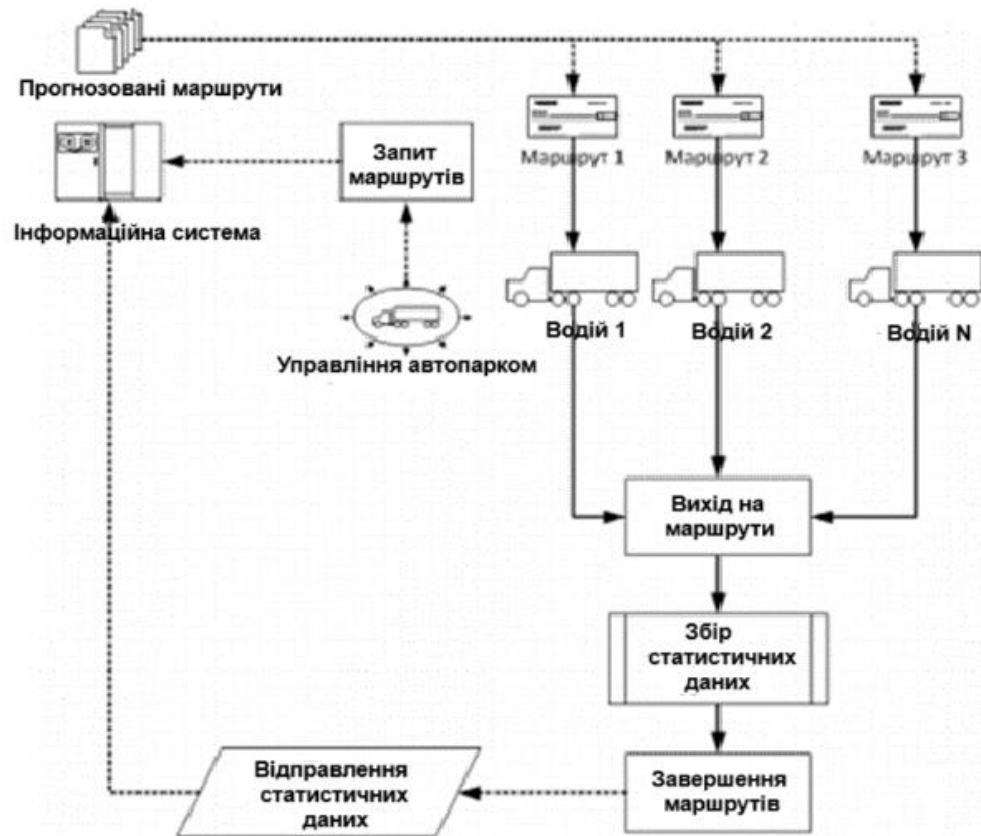


Рис. 2.1 – Схема запланованого процесу.

Перший крок – на певний день будується декілька маршрутів для кожного водія. Для цього використовується алгоритм побудови маршруту з урахуванням прогнозованих значень ситуації на дорозі та завантаженості пунктів збору. Прогнозовані значення розраховуються за допомогою статистичних даних, зібраних при попередніх проходженнях маршрутів, а також за допомогою сторонніх інформаційних систем (ІС), що надають інформацію про поточну та прогнозовану завантаженість доріг [5].

Другий крок полягає у забезпеченні всіх водіїв маршрутом на поточний день. Для цього використовується інформаційна система, що містить усі маршрути та відправляє їх на мобільні пристрої водіїв. Після отримання маршруту та виїзду водія з гаража це відзначається в системі для розрахунку прогнозованого часу проходження певних ділянок маршруту та всього маршруту загалом.

Після відвідування кожною маршруту водій зазначає на своєму мобільному пристрої завантаженість певного пункту збору. Це дозволяє спрогнозувати завантаженість при побудові маршрутів у майбутньому.

Третій крок – завершення циклу. Після повернення водія весь маршрут зберігається як пройдений і інформація про проходження буде використовуватися для прогнозування при побудові маршрутів у наступні дні.

Така схема процесу несе деякі труднощі при розрахунку оплати праці водіїв. Адже маршрути можуть змінюватися щодня, а відповідно змінюватиметься протяжність і кількість пунктів збору. Цю проблему можна вирішити декількома методами:

- визначити фіксований оклад кожному водієві;
- перевести систему в режим побудови маршрутів на місяць вперед та розподілу цих маршрутів для рівномірної оплати кожному з водіїв.

Вибір способу розрахунку суми оплати водіям залежить від конкретно обраного підприємства.

Питання оптимізації та транспортних маршрутів докладно розглянуто з точки зору оптимізації витрат на торговельну логістику. На відміну від торгової логістики, оптимізація логістики вивезення ТПВ вимагає трохи іншого – оптимізації загального часу та відстані обходу всіх точок у місті парком вантажних машин. Особливо це актуально у великих містах, де ускладнена ситуація на дорогах, а контейнери з ТПВ знаходяться у густонаселених районах.

Для клінінгових компаній із усіх факторів, що потребують оптимізації, найістотніші – це:

- кількість заповнених контейнерів на точці збору, що впливає на наповненість кузова вантажної машини;
- пропускна здатність доріг, яка впливає на швидкість переміщення транспорту по місту.

Необхідний алгоритм, який розділить усі точки у місті на кілька маршрутів, загальний час обходу яких буде оптимальним. Також необхідно враховувати фізичну можливість вантажних машин перенести весь вантаж,

зібраний на маршруті, і оптимально розподілити цей вантаж між усіма одиницями транспорту [20].

Для побудови оптимальних маршрутів використовується алгоритм зональної багатокритеріальної оптимізації логістичних маршрутів. Даний алгоритм поділяє загальну зону, що складається з пунктів обходу, на кілька підзон, які є маршрутами для обходу (рис. 2.2).

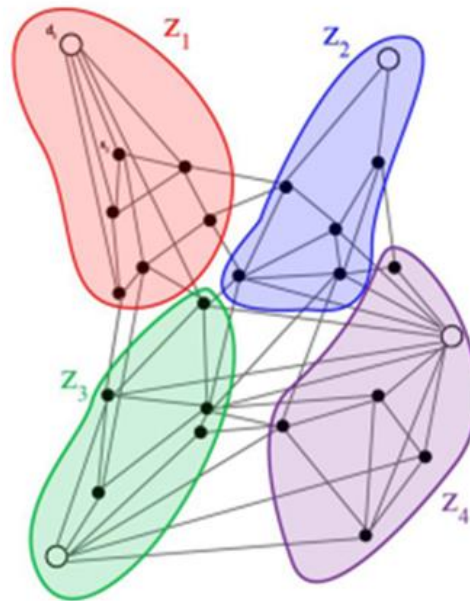


Рис. 2.2 – Граф маршрутів, розбитий на зони.

Проблема побудови оптимальних маршрутів збору і вивезення твердих побутових відходів для парку машин неодноразово розглядалися, запропоновані різні інформаційні системи та програмне забезпечення для її вирішення. В системі ARCGIS підіймається важливе питання – динамічний розподіл точок між маршрутами. Пропонується використовувати постійні маршрути для кожної машини і при переповненні прибирати її з маршруту, а точки, що залишилися, передавати іншим машинам. Такий підхід додає безліч складнощів – побудову маршрутів іншим авто, повідомлення їх про зміни. Можлива ситуація, коли в найближчих маршрутах машини виявляться також перевантаженими, і доведеться забирати машини з далеких маршрутів, що забере багато часу [2].

Проблему побудови маршрутів важливо розглянути з погляду побудови алгоритму. Для кожної машини необхідно вибудовувати щоразу новий маршрут з урахуванням її характеристик, зважаючи на наповненість пунктів збору. Необхідно враховувати те що, що наповненість пунктів може змінюватися навіть за досить точному прогнозуванні – випадкові, що не піддаються прогнозуванню, значення чи зміна заселеності певного району міста. В таких випадках необхідна динамічна зміна маршрутів із завчасним реагуванням та повідомленням водія про зміну [1, 4, 5].

За наявності відомостей про наповненість певних пунктів збору даний алгоритм має на увазі динамічний перерозподіл точок між іншими машинами автопарку.

Будемо використовувати такі позначення:

$S \{s_0, s_1, \dots, s_n\}$  – множина пунктів збору (ПЗ);

$T \{t_0, t_1, \dots, t_n\}$  – множина одиниць транспорту (ТЗ);

$D \{d_0, d_1, \dots, d_n\}$  – множина пунктів відвантаження (ПВ);

$v(t_i)$  – місткість ТЗ,  $t_i \in T$ ;

$v(s_k)$  – наповненість ПЗ,  $s_k \in S$ ;

$r_{ab}$  – тривалість шляху від точки  $a$  до точки  $b$ ;

$Z \{z_0, z_1, \dots, z_n\}$  – множина зон обходу (ЗО), де  $z$  – зона для  $i$ -го ТЗ;

$f_t(z_t)$  – функція, що визначає тривалість обходу транспортом  $t \in T$  точок  $s_n \in S$ ;

$v(z_t)$  – функція, що визначає наповненість всіх ПЗ в ЗО.

Найбільш оптимальний маршрут отримаємо при умовах (2.1) і (2.2):

$$f_{t_1} = f_{t_2} = \dots = f_{t_m}, \quad (2.1)$$

$$v(z_t) \leq v(t), \quad \forall t \in T. \quad (2.2)$$

Вихідні дані для завдання подаються у вигляді виваженого орієнтованого графа, вершинами якого є перехрестя доріг; ПЗ і ПВ, а в якості ваги ребер виступає тривалість пересування цією дорогою.

Після цього необхідно розподілити ПЗ та ПВ на ЗО для кожного ТЗ. Для цього призначений алгоритм оптимізації маршрутів евакуації населення. Зміни в алгоритмі вносяться на етапі перерозподілу точок між ЗО.

Після обчислення  $f_1$  всіх ЗО відбувається обмін ПЗ між усіма ЗО для оптимізації загального часу обходу всіх зон. В загальному випадку алгоритм перерозподілу може бути описаний послідовністю, представленою нижче.

1. Визначаються допустимі погрішності:

- тривалість обходу  $\Delta t$ ;
- місткості вантажної машини  $\Delta c$ .

2. Для кожної ЗО розраховується тривалість обходу  $f(z_i)$  і наповненість всіх ПЗ в ЗО  $v(z_i) = \sum_k s_k$ ,  $s_k \in z_i$ .

3. Знаходяться максимальне і мінімальне значення тривалості обходу для всіх ЗО  $f_{\max}$  і  $f_{\min}$ .

4. Якщо умова виконується  $\Delta f = f_{\max} - f_{\min} < \Delta t$ , то переходимо до наступного кроку, тобто – до кроку (6).

5. Якщо умова виконується  $|v(t) - v(z_t)| \leq \Delta c, \forall t \in T$ , то алгоритм завершиться, інакше – до кроку 6.

6. Розраховується середня тривалість обходу ЗО:

$$f_{mid} = \frac{f_{max} + f_{min}}{2}.$$

7. Для кожної ЗО  $z_i \in Z$  розраховується відхилення (рис. 2.3):

- тривалості обходу  $\Delta f_i = \frac{f(z_i) - f_{mid}}{\Delta t}$ ;
- наповненості  $\Delta v_i = \frac{v(z_i) - \Delta v(z_i)}{\Delta c}$ ;
- загальний коефіцієнт відхилення  $k = \Delta v_s + \Delta f_i$ .

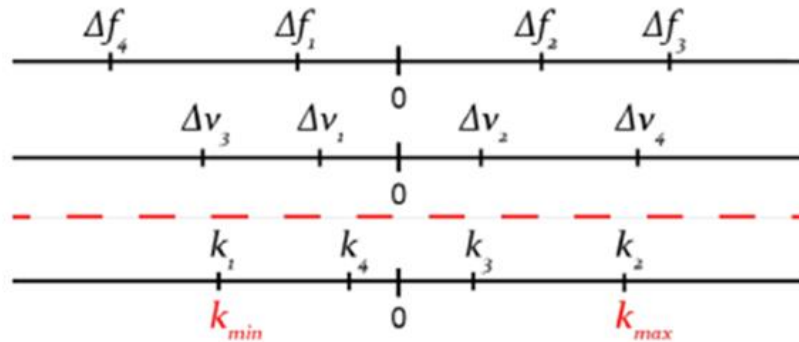


Рис. 2.3 – Визначення загального коефіцієнта відхилення.

8. Знаходяться ЗО  $z_{\min}$  і  $z_{\max}$  з найменшим і найбільшим значеннями загального коефіцієнта відповідно.

9. Для  $z_{\min}$ : серед інших ЗО  $Z_o \subset Z$ ,  $z_{\min} \notin Z_o$  знаходиться мінімальна відстань  $r_{s_o s_m}$  між ПВ і  $s_m \in z_{\min}$ ,  $s_o \in z_{o\min}$ ,  $z_{o\min} \in Z_o$ ;

ПЗ  $s_{\Pi}$  переноситься із  $z_{D\min}$  в  $z_{\min}$ .

10. Для  $z_{\max}$ : серед інших ЗО  $Z_o \subset Z$ ,  $z_{\max} \notin Z_o$  знаходиться мінімальна відстань  $r_{s_o s_m}$  між ПВ і  $s_m \in z_{\max}$ , і  $s_o \in z_{o\max}$ ,  $z_{o\max} \in Z_o$ ;

ПЗ  $s_o$  переноситься із  $z_{\max}$  в  $z_{D\max}$ .

11. Для  $z_{\min}$ ,  $z_{D\min}$ ,  $z_{\max}$  і  $z_{D\max}$  знову розраховується тривалість обходу  $f$  і наповненість  $v$ .

12. Знаходиться максимальне і мінімальне значення тривалості обходу  $f_{\max}$  і  $f_{\min}$ .

13. Якщо  $f_{\max} - f_{\min} < \Delta f$ , допустима похибка  $\Delta t$  подвоюється.

14. Повернення до кроку 2.

Підсумком виконання алгоритму має бути наближення підсумкових значень до умов (1) та (2).

Алгоритм ґрунтується на ідеї використання загального коефіцієнта відхилення. Це дозволяє виділити ЗО з максимальним відхиленням від оптимальних умов, як у бік перевитрати ресурсів, так і в сторону недовитрати.

Слід також враховувати, що похибка часу відвідування ПЗ може бути набагато нижчою, ніж можлива в реальних умовах. Для цього передбачено крок

з збільшенням припустимої похибки при деградації одержуваних результатів (рис. 2.4).

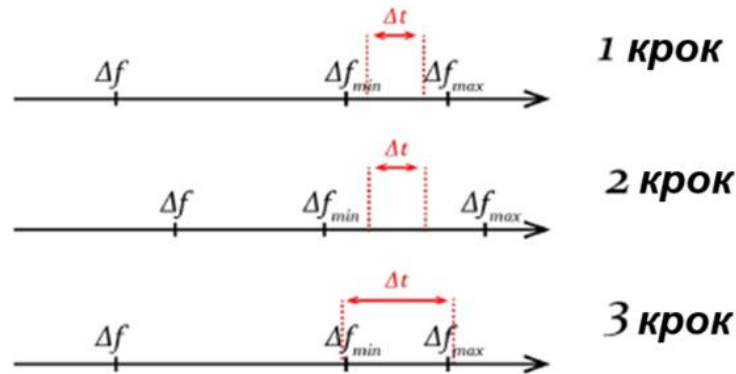


Рис. 2.4 – Зміна погрішності при деградації результатів.

Використання даного алгоритму дозволяє оптимізувати маршрути для парку вантажних машин, де основна мета – оптимізація загального часу та відстані всіх маршрутів. Крім цього враховується оптимальний розподіл вантажу для запобігання перевантаженню або неоптимального використання вантажного відсіку кожної машини. В умовах отримання відомостей про наповненості пунктів збору від водіїв алгоритм може бути використаний кілька разів для динамічної зміни маршрутів, щоб уникнути перевантаження автомашин в результаті невірно спрогнозованих даних [6].

Схематично архітектура системи представлена рис. 2.5.

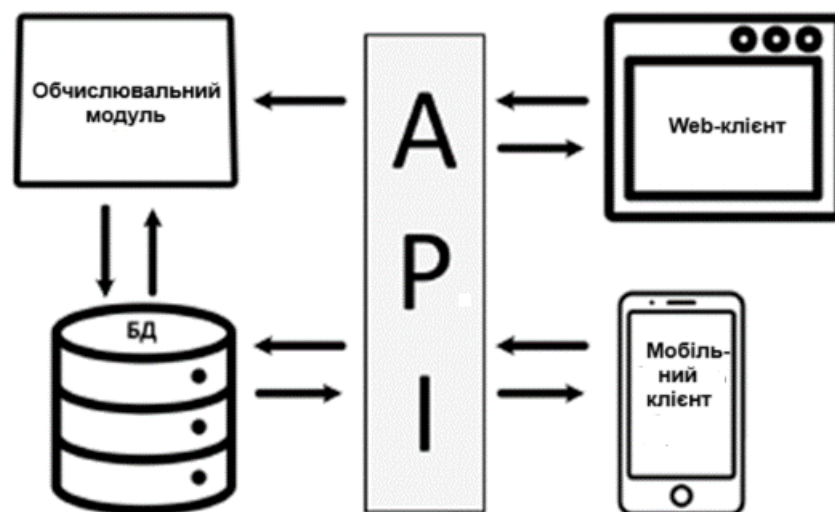


Рис. 2.5 – Архітектура системи.

Серверна частина системи містить такі компоненти:

- база даних;
- АРІ для взаємодії з клієнтською частиною;
- обчислювальний модуль.

База даних повинна зберігати дані про всі машини, точки збору і вивезення, а також маршрути і шляхи в цьому маршруті [8, 9]. Також для підтримки обробки статистичних даних потрібна інформація про пройдені маршрути, шляхи в них і відвіданих точках.

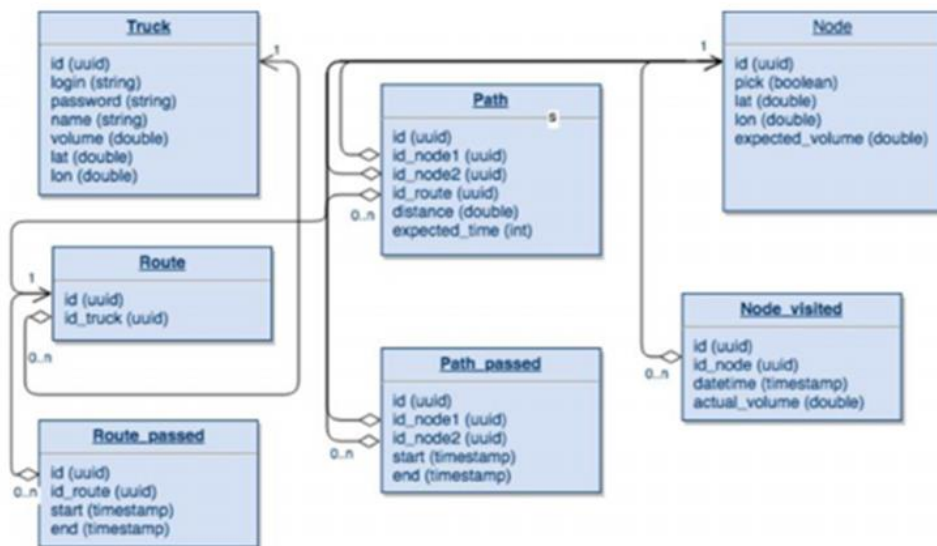


Рис. 2.6 – Схема бази даних.

Для взаємодії клієнтів з сервером в АРІ необхідно реалізувати наступні процеси:

- ініціація розрахунку маршрутів;
- авторизація із завантаженням маршруту;
- оновлення геопозиції автомашини;
- проходження шляху;
- відвідування точки;
- проходження маршруту.

Ініціація розрахунку маршрутів являється запитом, який повертає відповідь від сервера – чи були побудовані маршрути, або виникла помилка. В

запиті необхідно передавати ідентифікатори автомашини (випадок, коли в зміну виходять не всі автомашини).

Процес обробки запиту (рис. 2.7): при надходженні запиту запитується інформація із таблиць Path, Node (всі записи) і Truck (по отриманим id), після чого отримана інформація передається в обчислювальний модуль і очікує відповіді (чи були побудовані маршрути), який повертається у вигляді відповіді на запит.

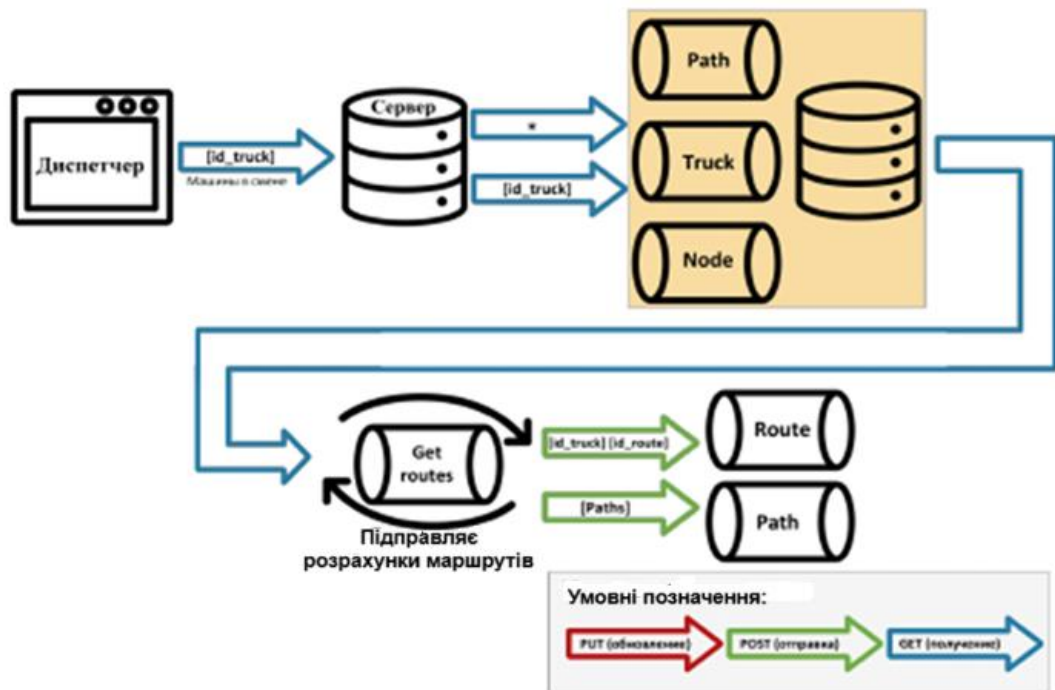


Рис. 2.7 – Процес обробки запиту на створення маршруту.

При авторизації відправляються логін та пароль, на що повертається відповідь – об'єкт Truck, якщо дані вірні, або повідомлення про помилку. Після завантаження Truck, по його id завантажується об'єкт маршруту Route. По id маршруту завантажуються шляхи, а також завантажуються всі точки, після чого процес авторизації та завантаження маршрутів закінчується. Схематично цей процес представлений на рис. 2.8.

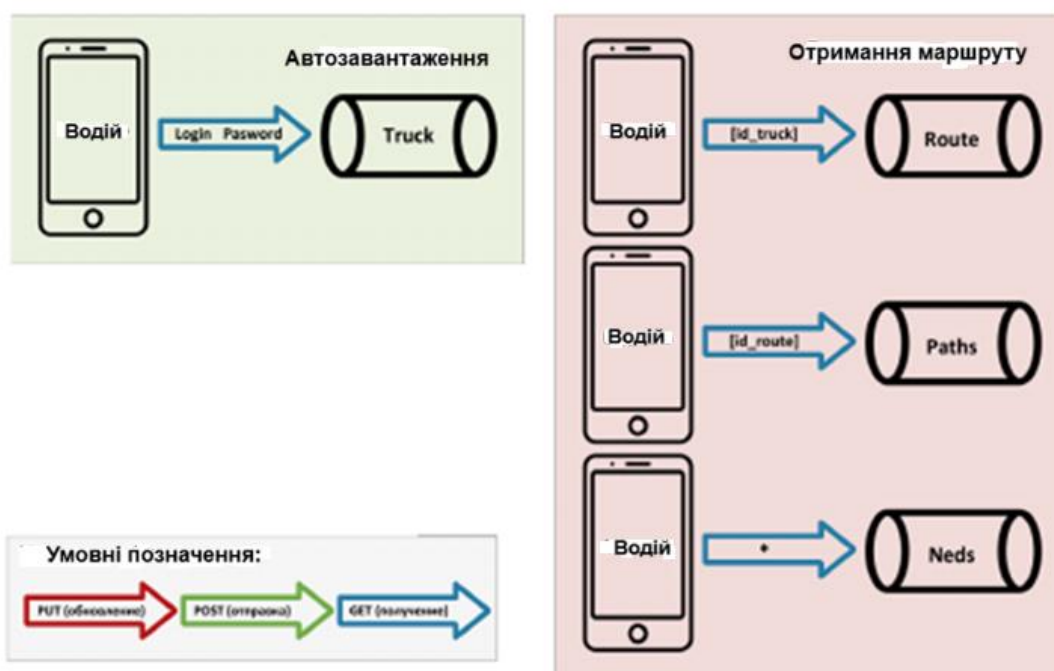


Рис. 2.8 – Процес авторизації з завантаженням маршруту

Оновлення геопозиції машини відбувається з кожною її зміною на клієнті і є запитом до сервера з передачею даних про геопозицію – широти (lat) і довготи (lon). Схема процесу представлена рис. 2.9.

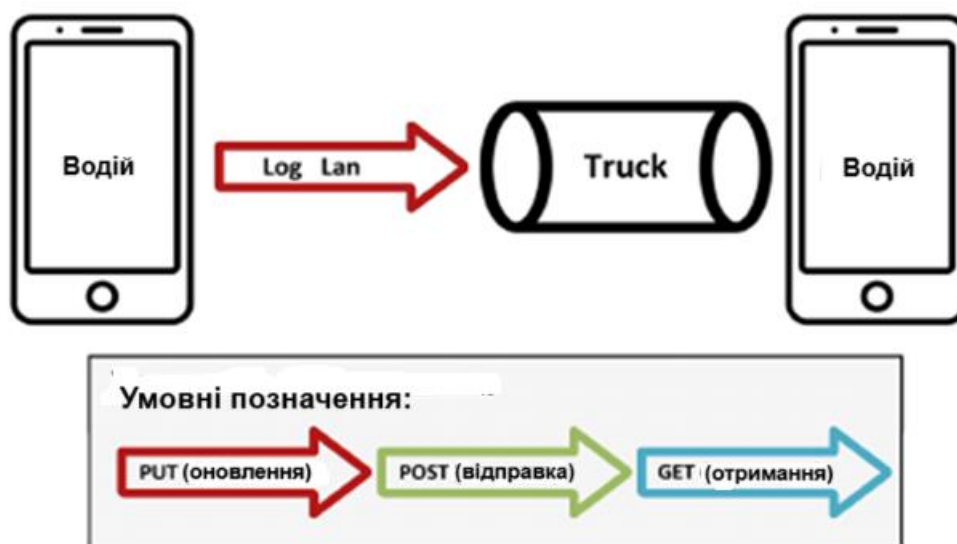


Рис. 2.9 – Оновлення геопозиції автомашини.

Проходження шляху, відвідування точки та проходження точки – запити з передачею всіх необхідних даних (посилання на необхідні ідентифікатори, час

початку та завершення для шляху та маршруту, час відвідування точки) [10,11]. Цикл запитів до API в рамках однієї зміни подано на рис. 2.10.

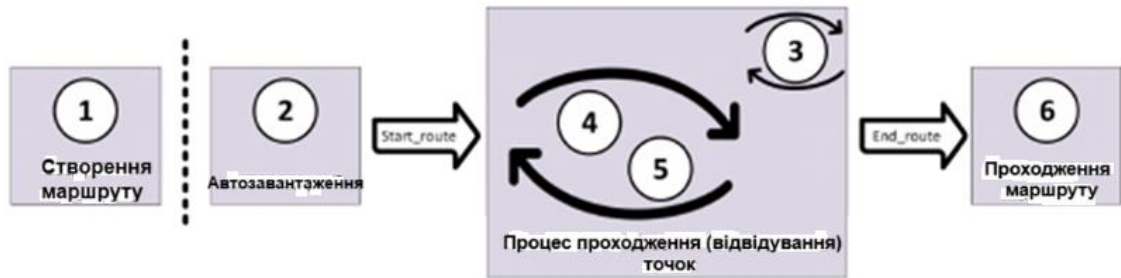


Рис. 2.10 – Цикл запитів до API з боку клієнтів.

Перед початком зміни відправляється запит на створення маршрутів, після чого кожен водій входить в систему під своїм логіном і паролем. В міру проходження маршруту відправляються дані про початок, завершення та відвідування. Паралельно з цим відправляється інформація про поточну геопозицію автомашини. Після надсилання кожним водієм запиту про проходження маршруту цикл завершується.

При отриманні певних запитів сервер здійснює такі обчислення:

- розрахунок оптимальних маршрутів для обраних автомашин (прямий запит на створення маршрутів);
- оновлення очікуваного обсягу точки (при запиті відвідування точки);
- оновлення очікуваного часу проходження шляху (при запиті проходження шляху).

При розрахунку оптимальних маршрутів на вході підпрограма отримує інформацію з таблиць Path, Kode (усі записи) та Truck (за певними id), після чого здійснює необхідні обчислення, використовуючи алгоритм оптимізації. Після обчислених для кожної автомашини маршрутів створюються записи в таблиці Route для кожної машини і записи таблиці Path для кожного за маршруту. Зробивши всі обчислення, підпрограма надсилає відповідь клієнту.

Представлений алгоритм розробки систем побудови оптимальних маршрутів збору та вивезення твердих побутових відходів має важливе прикладне практичне значення для досить великих клінінгових компаній, де

економічно доцільно організувати мобільний перерозподіл точок обходу та маршрутів руху транспорту. Застосування такої мобільної системи скорочує собівартість організації вивезення твердих побутових відходів, що не може не позначитися на збільшенні ефективності роботи підприємства в цілому [11, 12]. Особливо це актуально у великих містах, де накопичена більшість населення, що створює складну ситуацію на дорогах. Ситуацію на дорозі та інші важливі фактори можна спрогнозувати за допомогою методів статистичного аналізу [13-15].

Незважаючи на всю прозорість схеми визначення маршрутів і витрат для всієї компанії в цілому, в ній необхідно враховувати безліч факторів, що впливають на витрати [16, 17]. Так, при достатній кількості вантажних машин навіть невелика зміна в витраченому часі на обробку всього маршруту або в пройденій відстані в результаті вплине на підсумкові витрати за певний період. Для отримання таких результатів потрібна велика кількість математичних обчислень, особливо при роботі зі статистичними даними. Використовувані математичні методи застосовуються у оптимізації маршруту за певними критеріями, а й у обчисленні очікуваних значень цих критеріїв.

### **Висновки до розділу.**

Інформаційна система оптимізації логістичних маршрутів з урахуванням статистичних даних дозволяє автоматично будувати маршрути для кількох автомобілів автопарку організації [18-20]. Розроблений алгоритм з урахуванням кількох різних критеріїв, з урахуванням зміни даних з часом дозволяє планувати оптимальні маршрути для транспорту. Використання інформаційної системи для клінінгової компанії дозволяє економічно доцільно виконувати роботу з організації вивезення твердих побутових відходів.

### РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота будь-якого підприємства неминуче тягне у себе утворення відходів виробництва та споживання (ВВС) і створює проблему їх розміщення, утилізації чи поховання. Першим законодавчим документом у галузі управління відходами є Директива Європейського Союзу 75/442/ЄЕС від 15 липня 1975 року, в якій вперше було сформульовано та законодавчо закріплено принципи поводження з відходами так звану Ієрархію управління відходами. Безпечне поводження з відходами з урахуванням міжнародного досвіду ґрунтується на таких основних засадах (ст. 329 Екологічного кодексу РК):[22]

- запобігання утворенню відходів (зменшуючи їх кількість та шкідливість, використовуючи замкнутий цикл виробництва);
- утилізація відходів до отримання корисних властивостей речовин (повторне використання сировини);
- безпечне розміщення відходів;
- пріоритет утилізації їх розміщення;
- вилучення з господарського обороту відходів, що не утилізуються (небезпечних, токсичних, радіоактивних);
- розміщення відходів без заподіяння шкоди здоров'ю населення та заподіяння шкоди навколишньому середовищу.

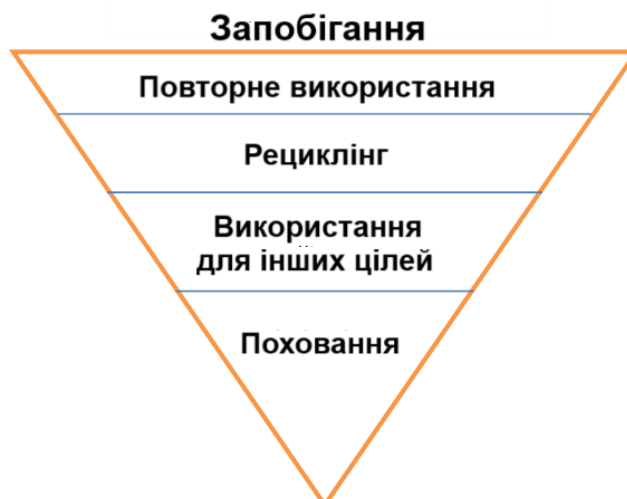


Рис. 3.1 – Ієрархія управління відходами в ЄС.

При застосуванні принципу ієрархії повинні бути взяті до уваги принципи обережності та принцип сталого розвитку, технічні можливості та економічна доцільність, а також загальний рівень впливу на довкілля, здоров'я людей та соціально-економічний розвиток країни.

Перевезення небезпечних відходів допускається тільки за наявності паспорта відходів, на спеціально обладнаних та забезпечених спеціальними знаками транспортних засобах, з дотриманням вимог безпеки перевезення небезпечних відходів, перевізних документів та документів для передачі небезпечних відходів, із зазначенням кількості небезпечних відходів, що перевозяться, мети та місця призначення їх перевезення. План маршруту та графік перевезення небезпечних відходів формує перевізник за погодженням з відправником вантажу (вантажоодержувачем).

При здійсненні перевезення небезпечних відходів відправник вантажу або перевізник розробляють відповідно до законодавства України паспорт безпеки або аварійну картку на даний вантаж у разі можливих аварійних ситуацій в дорозі. У разі виникнення або загрози аварії, пов'язаної з перевезенням небезпечних відходів, перевізник негайно інформує компетентні органи про це.

Комплексний підхід до переробки відходів повинен базуватися на довгостроковому стратегічному плануванні та забезпечувати гнучкість, необхідну для того, щоб адаптуватися до майбутніх змін у складі та кількості відходів. Моніторинг та оцінка результатів заходів повинні безперервно супроводжувати розробку та здійснення програм утилізації відходів.

Збирання, сортування, транспортування здійснюється спеціалізованими організаціями згідно з договорами. Переробка відходів здійснюється спеціалізованими організаціями згідно з договорами.

Порядок транспортування відходів на транспортних засобах, вимоги до виконання вантажно-розвантажувальних робіт та інші вимоги щодо забезпечення екологічної та санітарно-епідеміологічної безпеки визначаються нормами та правилами, що затверджуються уповноваженим державним органом у галузі транспорту та комунікацій та узгодженими з уповноваженим органом у

галузі охорони навколишнього середовища та державним органом у галузі санітарно-епідеміологічного благополуччя населення.

З моменту навантаження відходів на транспортний засіб та приймання їх фізичною або юридичною особою, яка здійснює транспортування відходів, та до вивантаження їх у встановленому місці з транспортного засобу відповідальність за безпечне поводження з ними несе транспортна організація або особа, якою належить цей транспортний засіб.

При перевезенні відходів необхідно здійснювати контроль технічного стану транспортних засобів та механізмів, які використовують для навантаження та транспортування відходів.

Регулювання механізмів та машин має здійснюватися відповідно до вимог інструкції з техніки безпеки для цього виду робіт. Технічно несправні машини не повинні допускатись до роботи. Також до роботи не допускаються особи, які не мають дозволу на обслуговування транспорту, вантажно-розвантажувальних машин та механізмів.

### **Висновки до розділу:**

У теоретичних дослідженнях все більше уваги приділяється «економіці рециклування». Два моменти в цьому плані особливо значущі:

- а) рециклування перетворює відходи на ресурс;
- б) запобігає витратам, які суспільство понесло б за їх полігонного поховання.

Крім того, при цьому виді обробки відходів створюються додаткові робочі місця: встановлено, що вивіз 10 т відходів на звалище створює 6 робочих місць, а рециклування тих же 10 тон – 36 [23]. Додатковий економічний ефект досягається тоді, коли перероблені відходи використовуються «на місці», усуваючи необхідність завозити дану категорію матеріалів з інших місць чи інших країн.

## РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Собівартість перевезень автомобілями-сміттєвозами відходів різного типу є показником об'єктивним і суть його визначимо за економічними принципами. Ці принципи є основними коли вирішується питання про включення в собівартість різних видів витрат. Зважаючи на те, що підприємство збирається купувати новий автомобіль-сміттєвоз на базі Hyundai HD 170, визначимо його можливі економічні показники в роботі.

### 1. Розраховуємо витрати на паливо для автомобілів:1250

$$B_n = \left( \frac{L_{\text{заг}} \times H_{\text{км}}}{100} \right) \times K_{\text{в2}} \times K_{\text{д}} \times C_{\text{п}} \times A_{\text{е}}; \quad (4.1)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$B_n = \left( \frac{5000 \times 27,5}{100} \right) \times 1,005 \times 1,05 \times 55,0 \times 1 = 79803 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$B_n = \left( \frac{5000 \times 25}{100} \right) \times 1,005 \times 1,05 \times 55,0 \times 1 = 72548 \text{ грн.}$$

### 2. Витрати на мастильні матеріали:

$$B_m = B_n \times K_m; \quad (4.2)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт витрат на мастильні матеріали (0,12...0,14);

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$B_m = 79803 \times 0,12 = 9\,576 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$B_m = 72548 \times 0,12 = 8\,706 \text{ грн.}$$

### 3. Загальні витрати на ПММ:

$$B_{\text{ПММ}} = B_n + B_m; \quad (4.3)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$B_{\text{ПММ}} = 79803 + 9576 = 89\,379 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$B_{\text{ПММ}} = 72548 + 8706 = 81\,254 \text{ грн.}$$

### 4. Витрати на автомобільні шини:

$$B_{\text{шн}} = N_{\text{к}} \times C_{\text{ш}} \times A_{\text{е}}; \quad (4.4)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$B_{\text{шн}} = 10 \times 15000 \times 1 = 150000 \text{грн}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$B_{\text{шн}} = 6 \times 12500 \times 1 = 75000 \text{грн.}$$

#### 5. Амортизаційні відрахування на повне відшкодування:

$$A_{\text{від}} = (B_{\text{авт}} - L_{\text{в}}) \times A_{\text{е}}; \quad (4.5)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$A_{\text{від}} = (2400000 - 240000) \times 1 = 2160000 \text{грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$A_{\text{від}} = (1800000 - 180000) \times 1 = 1620000 \text{грн.}$$

#### 6. Амортизування за рік:

$$A_{\text{рік}} = \frac{A_{\text{від}}}{P_{\text{екс}}}; \quad (4.6)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$A_{\text{рік}} = \frac{2160000}{10} = 216000 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$A_{\text{рік}} = \frac{1620000}{10} = 162000 \text{ грн.}$$

#### Розрахунок фінансових показників

#### 7. Розрахунок заробітної плати водія автомобіля:

$$З = C_{\text{г}} \times K_{\text{вг}} \times \lambda; \quad (4.7)$$

Визначаємо заробітну плату за день, період:

$$З_{\text{день}} = 109,67 \times 8 = 877,36 \text{ грн,}$$

$$З_{\text{пер}} = 877,36 \times 24 = 21056,64 \text{ грн,}$$

#### 8. Дохід від перевезення вантажів:

$$D_{\text{ден}} = \Phi_{\text{с}} \times G; \quad (4.8)$$

Врахувавши місткість кузова автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**, що складає  $20 \text{ м}^3$ , та націнку на кожному кілограмі сміття, визначаємо дохід від перевезення одним автомобілем за робочий день:

$$D_{\text{ден}} = Q_{\text{ц}} \times N_{\text{нац}} \times A_e = (20000 \cdot 10) \cdot 1 = 200000 \text{ грн}$$

Аналогічні розрахунки наведемо для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**.

$$D_{\text{ден}} = Q_{\text{ц}} \times N_{\text{нац}} \times A_e = (12000 \cdot 10) \cdot 1 = 120000 \text{ грн}$$

### 9. Прибуток за період роботи автомобілів:

$$D_{\text{пер}} = D_{\text{ден}} \times D_{\text{роб}}; \quad (4.9)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$D_{\text{пер}} = 200000 \times 24 = 4800000 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$D_{\text{пер}} = 120000 \times 24 = 2880000 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.1 Загальні витрати

Показники	Вартість (грн.)	
	МАЗ-6312	Hyundai HD 170
Оплата праці	21056,64	21056,64
Витрати на паливо	79803	72548
Витрати на мастильні матеріали	9576	8706
Витрати на автошини	150000	75000
Витрати на запасні частини	35000	35000
Витрати на технічний огляд	11000	11000
Витрати на амортизацію	216000	162000
Загальна сума витрат за період	522 435,64	385 310,64

### 10. Прибуток від транспортування вантажів на лінії:

$$П = (D_{\text{пер}} - V_{\text{пер}}) \cdot 0,2; \quad (4.10)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$П = (4800000 - 522435,64) \cdot 0,2 = 855 512,87 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$П = (2880000 - 385310,64) \cdot 0,2 = 498 937,87 \text{ грн.}$$

### 11. Рентабельність перевезень:

$$R = П/V_{\text{пер}} \times 100\%; \quad (4.11)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$R = \frac{\Pi}{B_{\text{пер}}} \times 100\% = \frac{522435,64}{855\,512,87} \times 100\% = 61,1\%$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$R = \frac{\Pi}{B_{\text{пер}}} \times 100\% = \frac{385310,64}{498\,937,87} \times 100\% = 77,2\%$$

## 12. Техніко-економічні показники:

$$E_{\text{п}} = \frac{B_{\text{пер}}}{L_{\text{зар}}} \times 100 ; \quad (4.12)$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **МАЗ-6312**:

$$E_{\text{п}} = \frac{522\,435,64}{5000} \times 100 = 10448,71 \text{ грн.}$$

для автомобіля-сміттєвоза на базі **Hyundai HD 170**:

$$E_{\text{п}} = \frac{385\,310,64}{5000} \times 100 = 7706,21 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2 Середні показники

Показники	грн./100 км пробігу	
	МАЗ-6312	Hyundai HD 170
Оплата праці	210,57	210,57
Витрати на паливо	798,03	725,48
Витрати на мастильні матеріали	95,76	87,06
Витрати на автошини	1500	750
Витрати на запасні частини	350	350
Витрати на технічний огляд	110	110
Витрати на амортизацію	2160	1620
Всього	5224,36	3853,11

## Висновки до розділу

В результаті розрахунків економічного розділу з'ясувалось, що при однакових умовах перевезення сміття вигідніше його транспортувати автомобілем-сміттєвозом на базі МАЗ-6312. Про це свідчить більший прибуток від перевезення вантажів 855512,87 грн. Але вищу рентабельність (77,2 %) і нижчу собівартість перевезень сміття 7706,21 грн. має автомобіля-сміттєвоза на базі Hyundai HD 170.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На процес утворення, збору, вивезення та утилізації ТПВ з одного боку впливають безліч факторів (кількість населення, його життєвий рівень, ступінь розвитку соціальної інфраструктури та ін.), а з іншого боку він є причиною впливу на багато характеристик життєдіяльності людини, насамперед, пов'язані з екологією.

Інформаційна система оптимізації логістичних маршрутів з урахуванням статистичних даних дозволяє автоматично будувати маршрути для кількох автомобілів автопарку організації. Розроблений алгоритм з урахуванням кількох різних критеріїв, з урахуванням зміни даних з часом дозволяє планувати оптимальні маршрути для транспорту. Використання інформаційної системи для клінінгової компанії дозволяє економічно доцільно виконувати роботу з організації вивезення твердих побутових відходів.

В результаті розрахунків економічного розділу з'ясувалось, що при однакових умовах перевезення сміття вигідніше його транспортувати автомобілем-смітцевозом на базі МАЗ-6312. Про це свідчить більший прибуток від перевезення вантажів 855512,87 грн. Але вищу рентабельність (77,2 %) і нижчу собівартість перевезень сміття 7706,21 грн. має автомобіля-смітцевога на базі Hyundai HD 170.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про відходи». Із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 7 березня 2002 року N 3073-III
2. Попович В.В., Придатко О.В., Сичевський М.І., Попович Н.П., Панасюк М.А. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі «місто–сміттєзвалище». Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27. № 10. С. 111-116.
3. Березюк О.В., Горбатюк С.М., Березюк Л.Л. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час літнього компостування. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. № 4. С. 17-20.
4. Сагдєєва О.А., Крусір Г.В., Цикало А.Л. Дослідження впливу температурного режиму на перебіг процесів компостування органічного компоненту твердих муніципальних відходів. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Харчові технології. 2018. № 20 (85). С. 155-161.
5. Березюк О.В. Визначення параметрів впливу на шляхи поведінки з твердими побутовими відходами Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. № 2(10). С. 64-66.
6. Березюк О.В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2013. № 5. С. 60-64.
7. Березюк О. В. Шляхи підвищення ефективності пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах. Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. № 1 (6). С. 111-114.
8. Березюк О.В. Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі. Вісник машинобудування та транспорту. 2016. № 2. С. 14-18.

9. Березюк О.В. Системи приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Промислова гідравліка і пневматика. 2017. № 3 (57). С. 65-72.

10. Послуги з вивезення побутових відходів. Плата за надані послуги. URL: <https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/>

11. Проскурня Ю.А., Васильєв Т.В. Проблеми утилізації відходів. URL: <http://www.tnu.in.ua/study/refs/d132/file220548.html>

12. Правила експлуатації полігонів побутових відходів, затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України № 435 від 01.12.2010 р.

13. Державна Програма поводження з твердими побутовими відходами: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.04 р., № 265.

14. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2001 р. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 184 с.

15. Державна Програма поводження з твердими побутовими відходами: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.04 р., № 265.

16. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2001 р. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 184 с.

17. ЗУ "Про відходи". [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zakon2.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>.

18. Рішення від 30.09.11 р., № 886. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.cityadm.lviv.ua/Pool/Info/doclmr\\_1.NSF/7557bfdde2ea2418c225640d](http://www.cityadm.lviv.ua/Pool/Info/doclmr_1.NSF/7557bfdde2ea2418c225640d).

19. Ігнатенко О.П. Економіко-екологічні аспекти рециклу вторресурсів з твердих побутових відходів / О.П. Ігнатенко // Екологія і ресурси. – 2003. – № 4. – С. 115-120.

20. Екологічні новини. Велика біда від маленької батарейки. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.bei-news.blogspot.com/2012/02/turtle-news-waste\\_6477.html](http://www.bei-news.blogspot.com/2012/02/turtle-news-waste_6477.html).

21. Перелік підприємств та спеціалізованих установ, яким дозволено здійснення робіт щодо переробки, утилізації, знищення або подальшого

використання вилученої з обігу неякісної та небезпечної продукції. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.budinfo.org.ua/doc/1815195.jsp>.

22. Громадськість – на варті чистоти міста. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.necu.org.ua/gromadskist-na-varti-chystoty-mista/>.

23. Для чого потрібні Національні проекти України. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.president.gov.ua/content/national\\_projects\\_kas.html](http://www.president.gov.ua/content/national_projects_kas.html).

# ДОДАТКИ