

інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз ефективності спеціалізованої техніки для доставки побутових відходів

Виконав: студент 4 курсу, групи МН

спеціальності

275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

Заєць О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Плекан У.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)
студенту Заєць Олександр Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз ефективності спеціалізованої техніки для доставки побутових відходів

Керівник роботи Бабій Марія Василівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » 01 2025 року № 4/7-41

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25.06.2025

3. Вихідні дані до роботи
Вихідні дані базового маршруту; технічні характеристики транспортних засобів;
карта маршруту вивозу твердих побутових відходів; схема автомобіля КрАЗ-250;
розрахункова швидкість транспортного засобу.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. 1. Аналіз об'єкту дослідження (системи збору та транспортування побутових відходів; вимоги до спеціалізованої техніки для перевезення твердих побутових відходів; типи та характеристики спеціалізованої техніки). 2. Заходи із вдосконалення транспортного процесу (аналіз використання техніки на прикладі Тернопільської громади; оптимізація маршрутів збору та вивезення відходів; особливості перевезень автомобільними мультіліфтами; дослідження експлуатаційних характеристик спецавтомобіля; дослідження умов руху сміттєвоза при збереженні стійкості ТЗ)
3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз об'єкту дослідження	До 05.02.25	
2.	Заходи із вдосконалення транспортного процесу	До 11.06.25	
3.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	До 16.06.25	
	Загальні висновки, презентація	До 19.06.25	

Студент

(підпис)

Засць О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій М.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання ефективності використання спеціалізованих транспортних засобів, призначених для вивезення твердих побутових відходів. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності комунального транспорту, зменшення експлуатаційних витрат і дотримання сучасних вимог до екологічної безпеки в умовах зростаючого навантаження на міську інфраструктуру. Особлива увага приділяється технічним та експлуатаційним характеристикам автомобілів-смітєвозів, а також їх відповідності умовам, у яких вони використовуються.

Об'єктом дослідження виступає автомобіль КрАЗ-250 з системою мультиліфт, який є прикладом високопродуктивної техніки, здатної працювати з великогабаритними контейнерами. У роботі проведено аналіз технічних параметрів даного транспортного засобу, зокрема аеродинамічного опору, сили інерції, вантажопідйомності та поведінки автомобіля на підйомах і схилах. Здійснено розрахунки, що дозволяють оцінити рівень безпеки руху та стійкість автомобіля у складних умовах експлуатації.

У процесі дослідження також вивчено стан транспортної інфраструктури на прикладі Тернопільської громади, де зосереджено значну увагу на впровадженні нових підходів до логістики збору відходів. Встановлено, що ефективність вивезення сміття залежить не лише від технічного рівня машин, а й від грамотного планування маршрутів, адаптації техніки до особливостей міського середовища та активного застосування цифрових технологій.

У результаті виконаної роботи сформульовано рекомендації щодо вибору оптимальних типів техніки для різних умов, а також окреслено шляхи підвищення ефективності існуючих логістичних схем.

Зміст

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 Системи збору та транспортування побутових відходів.....	7
1.2 Вимоги до спеціалізованої техніки для перевезення твердих побутових відходів	9
1.3 Типи та характеристики спеціалізованої техніки	13
2. ЗАХОДИ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	18
2.1 Аналіз використання техніки на прикладі Тернопільської громади	18
2.2 Оптимізація маршрутів збору та вивезення відходів	20
2.3 Особливості перевезень автомобільними мультиліфтами.....	27
2.4 Дослідження експлуатаційних характеристик спецавтомобіля-сміттєвоза	33
2.5 Дослідження умов руху сміттєвоза при збереженні стійкості ТЗ	36
3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	40
3.1. Контроль за станом охорони праці та техніки безпеки.....	40
3.2. Дії у надзвичайних ситуаціях на автомобільному транспорті.....	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

ВСТУП

Одним із ключових завдань сучасного суспільства є забезпечення ефективного та безпечного поводження з побутовими відходами. Цей процес є невід’ємною складовою міської інфраструктури, яка безпосередньо впливає як на екологічний стан навколишнього середовища, так і на загальну якість життя мешканців. У контексті стрімкого зростання обсягів сміття, особливо в густонаселених районах, виникає потреба у ретельному аналізі ефективності функціонування технічних засобів, що забезпечують вивезення та транспортування твердих побутових відходів.

Проблематика організації логістики збору сміття не обмежується лише використанням наявного транспорту. Неефективне планування маршрутів, застарілий технічний парк, нерівномірне завантаження та відсутність адаптації до сучасних умов роботи створюють значні перешкоди для стабільного функціонування системи вивезення ТПВ. До того ж, значення мають не лише технічні характеристики машин, а й їхня здатність забезпечити безпечну експлуатацію, відповідність екологічним стандартам та гнучкість у роботі з різними типами відходів.

Особливу актуальність дослідження становить аналіз експлуатаційної ефективності спеціалізованих транспортних засобів, що працюють у складних умовах рельєфу та щільної забудови, де класичні підходи не завжди демонструють задовільний результат. Зокрема, необхідно враховувати специфіку населених пунктів з нестабільною логістикою, обмеженими під’їзними шляхами та сезонними піками навантаження. У таких умовах важливо застосовувати інженерно обґрунтовані рішення щодо вибору техніки, враховуючи її продуктивність, вантажопідйомність, маневреність та витрати пального.

Окрім загального аналізу ефективності, дослідження торкається питань безпеки експлуатації транспортного засобу, включно зі стійкістю при русі по

схилах та підйомах, що є критичним при обслуговуванні територій зі складним рельєфом. Також розглядаються елементи аеродинамічного опору, сили інерції, технічна конфігурація кузова та динамічні навантаження, що діють на автомобіль під час експлуатації.

Робота спрямована не лише на теоретичне узагальнення характеристик спецтехніки, а й на практичне оцінювання умов, у яких її застосування є найбільш ефективним. Результати дослідження можуть бути використані як основа для прийняття управлінських рішень у сфері модернізації автопарку, оптимізації витрат на експлуатацію та підвищення рівня безпеки при виконанні робіт у сфері поводження з відходами.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Системи збору та транспортування побутових відходів

Системи збору та транспортування побутових відходів є важливою складовою інфраструктури будь-якого населеного пункту, оскільки вони безпосередньо впливають на екологічний стан довкілля, санітарну безпеку населення, ефективність управління ресурсами і загальну якість життя. З огляду на урбанізацію, зростання чисельності населення та збільшення обсягів відходів, особливо у великих містах, питання організації збору та перевезення побутових відходів потребує системного підходу, який би враховував технічні, економічні, екологічні та соціальні аспекти.

На сучасному етапі розвитку комунальної інфраструктури використовуються різноманітні технологічні моделі збору твердих побутових відходів, що залежать від планування міського простору, рівня автоматизації процесів, типів житлової забудови та фінансових можливостей органів місцевого самоврядування. Найбільш поширеними є контейнери загального користування, що розміщуються у дворах багатоповерхових будинків або на спеціально облаштованих майданчиках. Збір відходів здійснюється спеціалізованою технікою за встановленим графіком, що дозволяє забезпечити стабільне функціонування системи. Водночас у приватному секторі або в сільській місцевості використовуються інші моделі збору, зокрема індивідуальні контейнери для кожного домогосподарства або мобільні пункти прийому відходів.

Ключовим елементом у системі збору та транспортування є логістика перевезення відходів. Правильно побудовані маршрути, оптимізовані під

завантаження техніки та щільність забудови, дозволяють зменшити витрати на паливо, знизити знос транспорту та скоротити шкідливі викиди в атмосферу. Використання сучасного програмного забезпечення для планування маршрутів стає дедалі популярнішим, оскільки дозволяє враховувати в реальному часі зміни у трафіку, аварійні ситуації та технічні несправності.

Окрім цього, технічний парк підприємств, що обслуговують збір і транспортування побутових відходів, відіграє визначальну роль у забезпеченні надійності та безпеки процесу. Вантажівки-сміттєвози різних типів – заднього, бокового або фронтального завантаження обираються відповідно до умов експлуатації. Наприклад, для вузьких вулиць історичних центрів міст краще підходять компактні моделі з маневреністю, тоді як для нових житлових масивів з широкими проїздами можна використовувати потужну багатокубову техніку. Крім того, важливим стає питання обслуговування й оновлення парку техніки, адже морально і фізично застарілі машини знижують загальну ефективність системи та збільшують ризики аварійних ситуацій.

Не можна оминати увагою і питання впровадження роздільного збору відходів, який значною мірою змінює логіку функціонування системи транспортування. За наявності різних фракцій (папір, пластик, скло, органіка) виникає потреба у багатофункціональних транспортних засобах або у побудові паралельних маршрутів для кожного типу відходів. Водночас ефективність роздільного збору залежить не лише від технічних умов, а й від участі населення у процесі: чітке інформування громадян, наявність маркованих контейнерів та регулярність вивезення – усе це впливає на рівень довіри до системи та готовність співпрацювати.

Особливої уваги заслуговує питання економічної ефективності. Витрати на обслуговування техніки, паливно-мастильні матеріали, оплату праці персоналу, закупівлю контейнерів та підтримку інфраструктури можуть стати значним навантаженням для бюджету комунальних

підприємств. Тому запровадження механізмів державно-приватного партнерства, субсидій, тарифного регулювання і стимулювання інновацій може стати шляхом до підвищення ефективності. До того ж, збір і транспортування – це лише частина більш широкої системи управління відходами, що включає сортування, переробку, утилізацію та захоронення. Саме тому важливо розглядати це питання комплексно, з урахуванням усіх ланок ланцюга.

Системи збору та транспортування побутових відходів повинні бути не лише функціональними, а й адаптивними до змін середовища, технологічного розвитку і соціального контексту. Їхнє вдосконалення вимагає постійного аналізу, участі фахівців різних галузей та тісної співпраці між владою, бізнесом і громадськістю. Успішне управління цими процесами – запорука чистого довкілля, здоров'я населення та сталого розвитку територій.

1.2 Вимоги до спеціалізованої техніки для перевезення твердих побутових відходів

Спеціалізована техніка, яка використовується для транспортування твердих побутових відходів, має відповідати чітким нормативно-правовим та технічним вимогам, що забезпечують безпечну, екологічно прийнятну та ефективну експлуатацію. Такі вимоги включають конструктивні характеристики, системи навантаження та розвантаження, екологічні стандарти, безпеку перевезень та зручність обслуговування.

З конструктивної точки зору транспортний засіб для вивозу ТПВ має мати міцну та стійку до корозії кузовну конструкцію. Це необхідно, оскільки побутові відходи можуть містити вологі компоненти та агресивні хімічні речовини, що здатні пошкоджувати металеві поверхні.

Тому кузов виготовляють із спеціальних сталей із захисними антикорозійними покриттями або з використанням нержавіючих матеріалів. Додатково, конструкція повинна передбачати герметичні стінки та днище, а також наявність захисних кришок або люків, що запобігає викиданню сміття під час руху та проникненню дощової води чи сторонніх предметів.



Рисунок 1.1 – Кузов сміттєвоза

Система навантаження та розвантаження грає важливу роль в оперативності роботи техніки. Це може бути механізм бокового підйому контейнерів, задній прес з автопідйомом або система з телескопічним вилом для великогабаритного сміття. Незалежно від типу, механізми повинні бути надійними, безпечними для операторів та сумісними з типовими євроконтейнерами (Еуро-контейнерами з об'ємом 0,8–1,1 кубометра). Автоматизація процесу значно знижує фізичне навантаження на персонал, пришвидшує цикл завантаження і зменшує ймовірність травматизму.



Рисунок 1.2 – Євроконтейнер для сміття оцинкований 1,1 куб.м.

Сучасні моделі спеціалізованих машин оснащуються ущільнювальними механізмами чи пресувальними системами. Це дозволяє зменшувати об'єм завантаження, підвищувати транспортну ефективність та економити паливо. При цьому важливо, щоб система пресування мала регульовану силу для уникнення механічного руйнування контейнерів та оптимального ущільнення різних фракцій сміття. Водночас, техніка повинна бути обладнана датчиками заповнення або індикаторами для запобігання перевантаження.

Екологічна складова є однією з ключових. Рівень викидів від двигуна повинен відповідати сучасним екологічним стандартам (не нижче Євро-5 або Євро-6, залежно від регіону та нормативних вимог України). Удосконалена система випуску відпрацьованих газів з каталізаторами та фільтрами сажі знижує шкідливий вплив на атмосферу. Крім того, напівпричепи й кузови повинні бути герметичними, щоб уникати витоків рідини, яка може спричинити забруднення ґрунтів або водойм під час перевезення. Не менш

важливою є шумоізоляція – оскільки подібна техніка працює здебільшого у житлових районах, вона повинна бути обладнана глушниками та шумоізолюючими панелями для зменшення рівня шуму під час роботи, що в свою чергу сприяє комфортнішому проживанню людей у міських умовах.

Безпека перевезення та експлуатації техніки також є критичною. Кабіна водія повинна бути обладнана системами захисту від вібрації, ударів та перекидання. Обов'язковим є наявність ременів безпеки та подушок безпеки, а також оглядових камер або дзеркал для кращого огляду боків і зони завантаження. Удосконалені моделі можуть бути оснащені системою кругового відеоогляду, що підвищує контроль під час маневрування. Техніка має відповідати вимогам щодо гальмівних систем (дискові гальма з ABS), освітленням (фари, сигнальні маячки, відбивні елементи) та пожежної безпеки: на випадок перегріву чи займання в сміттєвому баку передбачено вогнегасник та правила поведінки під час перевезення.

Зручність обслуговування та ремонтпридатність є невід'ємною складовою техніки. У процесі експлуатації механізми навантаження та пресування вимагають регулярного технічного обслуговування, мастила та можливостей заміни зношених деталей. Тому конструкція повинна передбачати легкий доступ до вузлів, а також достатній простір у моторному відсіку та кабіні. Для зберігання ремонтних інструментів та запчастин необхідно мати окремі відсіки чи скриньки на кузові.

У сучасних умовах важливою складовою є цифровізація процесу обробки ТПВ. Це може бути GPS-моніторинг, який дозволяє відстежувати маршрут і час перебування на точці, а також автоматичний збір статистичних даних щодо кількості зібраного сміття та часу роботи. Завдяки цьому керівники можуть оптимізувати маршрутну мережу, зменшувати витрати пального та підвищувати рівень обслуговування. Значення має також можливість інтеграції з міськими системами «розумних міст», що дає змогу відстежувати навантаження контейнерів у режимі реального часу та планувати приїзд за потребами мешканців.

Не менш важливим критерієм є ергономіка роботи водія та операторів. Сидіння керманіча має бути регульованим і підтримувати правильну позу, враховувати вібраційні навантаження та мати систему підігріву (особливо актуально в холодну пору року). Органи керування повинні бути доступними та інтуїтивно зрозумілими, розташовані так, щоб оператор міг легко управляти всіма функціями однією рукою. Оптимальне освітлення в кабіні дозволяє працювати навіть у нічний час із високою точністю та безпекою.

Спеціалізована техніка для перевезення ТПВ – це складний комплекс, який поєднує в собі надійну конструкцію, безпечні та екологічні рішення, ефективні механізми обслуговування, а також цифрові сервіси та увагу до умов праці. Все це разом забезпечує не лише безпечну та ефективну роботу комунальних служб, але й сприяє дотриманню екологічних стандартів, поліпшенню якості життя в містах та раціональному витрачання бюджетних ресурсів.

1.3 Типи та характеристики спеціалізованої техніки

Найпоширенішими видами спеціалізованої техніки для перевезення твердих побутових відходів є смітєвози, муьтиліфти та компактори. Кожен із цих типів виконує власні завдання, має унікальні конструктивні особливості й технологічні можливості, що допомагають ефективно керувати процесом вивезення сміття у сучасному місті.

Смітєвози – усталена класика серед техніки комунальних служб. Їх конструкція передбачає штампований або зварний кузов на шасі вантажного автомобіля. Завантаження зазвичай здійснюється ззаду або збоку; механічне або гідравлічне піднімання контейнерів підтримує взаємодію з європейськими стандартами смітєвих баків. Усередині кузова розташований пресувальний механізм – шнек, плунжер або поршень, який забезпечує

ущільнення сміття. Це дозволяє завантажити більше вантажу за один рейс, сприяє економії пального та скороченню часу обслуговування маршрутів. Важливо, що сучасні моделі обладнані датчиками заповнення, що інформують диспетчера про необхідність виїзду або завершення загрузки на точці. Корпус виконаний з міцної сталеві конструкції з антикорозійними покриттями, безпечними кришками та шторками, щоб уникнути розповсюдження пилу і затікання дощу.



Рисунок 1.3 – Смітєвоз із боковим завантаженням



Рисунок 1.4 – Смітєвоз із заднім завантаженням

Мультиліфти представляють собою універсальні механізми з змінними контейнерами, що встановлюються на шасі. Замість стаціонарного кузова, машина несе платформу і причіп із системою кріплення "лір". При запуску механізму стріла гідравлічного підйому та опускання контейнерів забезпечує їх швидку зміну на маршруті. Це дозволяє комунальним службам використовувати один і той же автомобіль для вивезення різних типів контейнерів – від звичайних сміттєвих баків до великих спеціалізованих блоків для ТПВ, будівельних відходів чи небезпечних матеріалів. Універсальність мультиліфта дозволяє оптимізувати парк техніки, зменшити потребу в окремих спецмашинах і суттєво економити кошти на утримання.



Рисунок 1.5 – Мультиліфт 68903L на шасі КАМАЗ

Компактори – ще один вид машин, які спеціалізуються на високому рівні ущільнення відходів. Вони оснащені потужною пресувальною системою, штовхаючими пластинами або ріжучими елементами, які дуже щільно збирають сміття всередині герметичного кузова. Такі машини застосовують у місцях із високою концентрацією сміття: на ринках, торговельних центрах, в межах заводських територій. Компактори здатні

зменшити об'єм відходів у 3–5 разів, що дозволяє скоротити кількість рейсів, знизити витрату пального і звести до мінімум токсичне навантаження на довкілля. Крім того, корпус обладнаний датчиками тиску для контролю системи ущільнення та запобігання збоїв через перевантаження.



Рисунок 1.6 – Ущільнювач сміття (компактор) KRON LC30

Окремо слід відзначити смітєвози з бічним механізмом завантаження. Вони призначені для роботи на довгих житлових вулицях із щільною забудовою. Завдяки здатності підбирати смітєвий контейнер просто з бордюру, без потреби у заїзді у двір, такі машини здатні забезпечити високу швидкість збору та безперервну роботу маршрутів. Пристрої з боковим завантаженням зазвичай мають систему поворотної стріли з адаптером, що фіксує бак, підіймає його над кузовом та обертає для скидання вмісту. Таке рішення дозволяє взаємодіяти з усіма типами контейнерів, а також зменшує контакт персоналу з відходами.

Умовно можна говорити також про смітєвози з системою автоматичного вивантаження (так звані автопідйоми). Тут оператор

залишається у кабіні, а всі операції з підйому й скидання контейнера здійснюються натисканням кнопки. Це дозволяє швидко обслуговувати точки прибирання, скорочувати час, проведений на вулиці, і зменшувати вплив атмосферних факторів на цикл вивозу.

Підсумовуючи, можна сказати, що сміттєвоз, мультиліфт і компактор – це не просто різні назви для машин, що перевозять сміття, а окремі класи техніки з унікальними конструктивними рішеннями. Їх відмінності полягають у способі завантаження, рівні ущільнення, обсязі кузова, потужності, можливостях цифрового управління і адаптації до умов експлуатації. Розуміння характеристик кожного типу дозволяє оптимально підбирати машину під конкретні потреби комунальних служб чи підприємств, забезпечувати високий рівень обслуговування, оперативність та екологічну безпеку при вивезенні твердих побутових відходів.

2. ЗАХОДИ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Аналіз використання техніки на прикладі Тернопільської громади

Організація вивезення твердих побутових відходів у Тернополі є показовим прикладом інтегрованого підходу до управління міським сміттям. Місто має розвинену логістику збору ТПВ, побудовану на основі поєднання муніципального управління та приватного сервісу. В цьому контексті спеціалізована техніка виступає не лише інструментом фізичного транспортування відходів, але й основним елементом у всьому ланцюжку екологічної та комунальної ефективності.

Одним із головних операторів, що відповідає за вивезення сміття в межах Тернопільської громади, є підприємство з багаторічним досвідом – ДП «Фірма Альфатер Тернопіль». Його технічний парк охоплює сучасні сміттєвози, що працюють у двозмінному режимі. Такий формат експлуатації машин дозволяє охоплювати більшу кількість маршрутів упродовж доби, що є важливим чинником у місті з інтенсивним трафіком, обмеженими просторами міжбудинкових проїздів та сезонними піками накопичення сміття. Проте висока експлуатаційна інтенсивність техніки також зумовлює швидке зношення комплектуючих, потребу в частому техобслуговуванні та оновленні парку. Умови вивезення часто ускладнюються забрудненням рідкими фракціями, які протікають із контейнерів, і ця проблема, попри систематичні зусилля, залишається частково невирішеною через поведінкові чинники мешканців.

Техніка, яка використовується у Тернополі, представлена переважно задньозавантажувальними сміттєвозами, які добре адаптовані до структури

забудови та існуючої мережі контейнерних майданчиків. Проте останніми роками в місті почали з'являтися елементи автоматизованої логістики – бічне завантаження, механізми автопідйому, інтелектуальні датчики заповнення баків. Впровадження таких рішень є актуальним у межах стратегії «розумного міста», оскільки дозволяє значно оптимізувати маршрути та зменшити витрати на паливо.

Важливо зазначити, що ефективність експлуатації техніки значною мірою залежить від рівня сортування відходів. У Тернополі функціонує система роздільного збору, яка передбачає окремі контейнери для пластику, скла, паперу та змішаного сміття. У таких умовах навантаження на сміттєвози нерівномірне, оскільки певні фракції вивозяться рідше або пресуються на місці, що дозволяє зменшити кількість рейсів. Водночас техніка для вторинної сировини часто потребує додаткового обладнання, такого як бункери з ущільнювачами або спеціалізовані контейнери із гідравлічними пристроями, а це, в свою чергу, потребує додаткових інвестицій.

Питання раціонального використання техніки у Тернополі постає особливо гостро у періоди зростання обсягів відходів під час свят, масових заходів або весняного прибирання. У таких випадках доводиться залучати резервну техніку або подовжувати графіки роботи, що знову ж таки призводить до пришвидшеного зношення обладнання. Зимовий період також створює труднощі через потребу в техніці для прибирання снігу і розчищення проїздів, що часто перетинається з маршрутами сміттєвозів і ускладнює логістику. Такі фактори роблять актуальним розширення парку техніки або щонайменше його модернізацію з переходом на більш енергоефективні моделі.

У місті вже фіксуються спроби заміни частини дизельної техніки на альтернативну. Зокрема, тривають обговорення щодо електрифікації частини автопарку, що дозволило б суттєво зменшити викиди CO₂ та шумове навантаження на мешканців. Однак ця ініціатива поки що обмежена через

високу вартість відповідного обладнання і недостатню інфраструктуру для зарядки. Замість цього робиться акцент на поступове оновлення існуючого парку більш сучасними дизельними машинами, які відповідають стандарту Євро-5 або вище.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що місто демонструє прагнення до модернізації системи вивезення ТПВ на основі раціонального використання спеціалізованої техніки. Проте ефективність цього процесу обмежується кількома ключовими чинниками: фінансовим тиском, обмеженим ресурсом машин, сезонними піками навантаження та ще не повністю адаптованою інфраструктурою для сортування. Вирішення цих проблем передбачає не лише оновлення технічного парку, але й реформу тарифної політики, покращення співпраці з мешканцями та гнучке планування логістики. Тільки за умови синергії управлінських рішень, інженерних інновацій та відповідального громадянського підходу техніка зможе повністю реалізувати свій потенціал як інструмент екологічного розвитку міста.

2.2 Оптимізація маршрутів збору та вивезення відходів

У сфері управління відходами кожне підприємство повинно функціонувати відповідно до чітко сформульованої стратегії розвитку, яка охоплює як довгострокові цілі, так і тактичні рішення. Такий підхід дозволяє зосереджувати ресурси на тих напрямках, що приносять найбільшу віддачу як у фінансовому вимірі, так і в контексті підвищення ефективності загальної діяльності. Практика показує, що відсутність чіткої стратегії часто призводить до хаотичного використання техніки, нераціонального планування маршрутів та перевитрат ресурсів, що в довгостроковій

перспективі ставить під сумнів прибутковість підприємства і його здатність конкурувати на ринку.

Сучасні компанії, що працюють у галузі поводження з твердими побутовими відходами, дедалі краще усвідомлюють потребу у розвитку не лише окремих технологічних напрямів, але й системного управління логістичними процесами. Це відкриває шлях до того, щоб бути конкурентоспроможними не лише в межах конкретної громади чи міста, а й на міжрегіональному рівні. Зростає розуміння того, що ефективність роботи залежить не тільки від кількості техніки чи працівників, але й від того, наскільки продумано організовано маршрути, наскільки оптимально обрано типи машин, і чи забезпечено баланс між обсягами відходів та можливостями їх обробки.

У цьому контексті надзвичайно важливою є оптимізація логістики транспортування твердих побутових відходів. Умовно можна сказати, що це один із найчутливіших напрямів, адже витрати на паливо, ремонт техніки, зарплатню водіїв і втрати часу при неефективному маршруті становлять значну частину загальних витрат. Успішна реалізація заходів з оптимізації дозволяє не лише зменшити фінансове навантаження, а й знизити екологічні ризики – шляхом зменшення кількості рейсів, скорочення викидів CO₂ та шумового навантаження на міське середовище.

Результати аналізу функціонування підприємств у таких містах, як Тернопіль, засвідчують, що ключовим фактором у зниженні витрат на транспортування є правильний вибір типу спецтехніки. Машини мають відповідати обсягу сміття, типу фракцій, особливостям маршрутів, а також рівню щільності забудови. Наприклад, у густонаселених районах доцільно використовувати малогабаритні сміттевози з бічним завантаженням, тоді як для збору відходів із приватного сектору зручніші задньозавантажувальні або мультиліфти. Така адаптація техніки до конкретних умов дозволяє зменшити час на обслуговування, скоротити простой і зменшити навантаження на транспортну інфраструктуру міста.

Не менш важливою складовою є функціонування перевантажувальних станцій, де відходи можуть сортуватися, пресуватися або накопичуватися до моменту централізованого транспортування на полігони чи сміттєпереробні підприємства. Завдяки такому підходу забезпечується рівномірне навантаження на техніку, а сам процес транспортування стає значно ефективнішим: великотоннажні машини курсують не по всіх вулицях міста, а лише між основними логістичними точками. Це знижує зношення доріг, підвищує ресурс транспорту і дає змогу зменшити кількість водіїв, що потрібні для виконання повного циклу вивезення.

Оптимізація процесу неможлива без використання цифрових технологій. Планування маршрутів на основі GPS-моніторингу, аналізу трафіку, погодних умов та інтенсивності накопичення відходів дає змогу створити адаптивну систему, здатну швидко реагувати на зміни. Наприклад, у Тернополі вже проводяться спроби впровадження автоматизованих систем контролю заповнення контейнерів, що дозволяє уникати непотрібних виїздів і зосередити зусилля на тих точках, де дійсно є потреба у прибиранні. Таке планування сприяє економії пального, зменшенню викидів і підвищенню загального коефіцієнта корисної дії техніки.

Варто також враховувати, що техніка повинна мати високу ремонтпридатність і відповідати не лише чинним технічним стандартам, а й бути гнучкою до адаптації як за типом двигуна, так і за функціональністю. Наприклад, перехід на гібридні чи електричні моделі може стати одним із інструментів досягнення екологічних цілей, але такий перехід має бути підкріплений відповідною інфраструктурою та фінансовими можливостями. Без технічного обслуговування, систем зберігання запчастин і підготовки персоналу навіть найсучасніші моделі не зможуть забезпечити належний рівень роботи.

З урахуванням вищезазначеного, можна зробити висновок, що зниження витрат на транспортування твердих побутових відходів є досяжним лише в умовах комплексного підходу. Це передбачає не лише правильний

вибір спецтехніки, а й раціональне проектування логістики, впровадження інформаційних технологій, створення інфраструктури для перевантаження та сортування, а також стратегічне планування інвестицій.

На рисунку 2.1 представлено мінімальний маршрут з міста Тернополя до сміттєзвалища, яке знаходиться у селі Малашівці тернопільської громади.

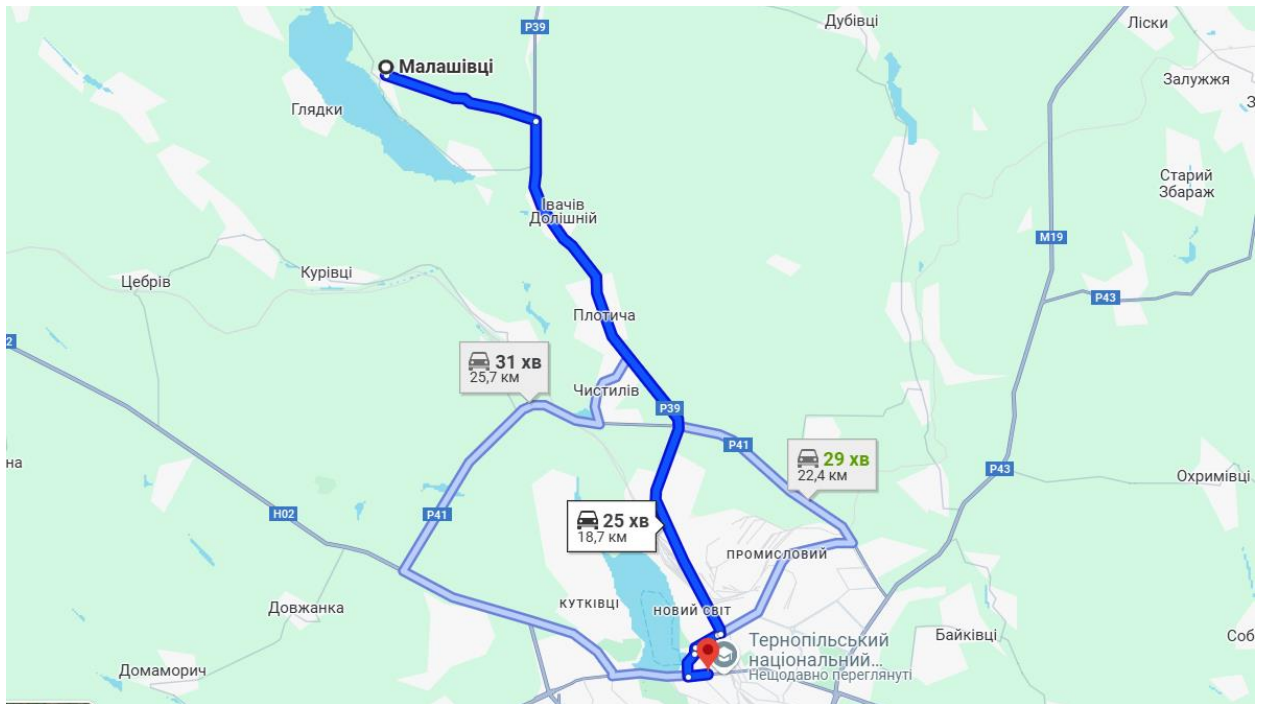


Рисунок 2.1 – Мінімальний маршрут з м. Тернопіль до малашівського сміттєзвалища

Автотранспортне підприємство, яке функціонує в галузі вивезення та утилізації твердих побутових відходів, має у своєму розпорядженні широкий спектр спеціалізованої техніки, що дозволяє ефективно вирішувати задачі, пов'язані зі збором, транспортуванням і частково – з попередньою обробкою сміття. Постійне оновлення технічного парку є необхідною умовою для збереження високого рівня продуктивності, екологічної безпеки та здатності підприємства оперативно реагувати на зростаючі обсяги відходів, які виникають у процесі життєдіяльності населення та суб'єктів господарювання.

З урахуванням потреб громади та зростаючих вимог до перевезення великого обсягу побутових відходів, автотранспортне підприємство нещодавно здійснило закупівлю транспортного засобу – автомобіля КрАЗ–250, оснащеного пересувним контейнером із механізмом відкотного типу. Його ємність становить 30 м³, що дає змогу значно скоротити кількість рейсів упродовж одного робочого циклу та забезпечити вивезення сміття навіть із територій, де спостерігається надмірна концентрація відходів, наприклад під час прибирання після масових заходів або сезонного очищення міських просторів.

Використання великотоннажного автомобіля подібного типу свідчить про орієнтацію підприємства на підвищення ефективності процесів і зменшення експлуатаційних витрат. Завдяки великому об'єму контейнера, техніка здатна охопити більший сектор обслуговування без необхідності повертатися до перевантажувальної станції після кожного циклу, що особливо актуально для районів із недостатньо розвинуеною логістикою або значною віддаленістю від полігонів утилізації. Крім того, така машина може бути інтегрована у змішану систему збору, де відходи надходять із контейнерних майданчиків різної місткості, після чого централізовано вивозяться на сортувальні комплекси або полігони.

Важливо зазначити, що сам по собі факт придбання такої одиниці техніки не є лише питанням оновлення автопарку, а слугує маркером стратегічного бачення керівництва підприємства. Це інвестиція не лише у транспорт, а й у загальну логістичну модель, яка передбачає зменшення транспортних витрат, підвищення безпеки руху, зменшення викидів та забезпечення стабільної й передбачуваної роботи комунальних служб. Таким чином, техніка, яка працює в умовах постійного навантаження, повинна не тільки відповідати базовим вимогам безпеки, а й демонструвати високу надійність у експлуатації та адаптивність до різних умов – від вузьких вуличок центральної частини міста до промислових зон із великою концентрацією сміттєвих контейнерів.

Слід також звернути увагу, що сучасні великотоннажні моделі, такі як згаданий КрАЗ-250, часто мають конструктивні можливості для переобладнання або інтеграції додаткових систем таких як датчики заповнення, електронні модулі керування пресом або системи моніторингу стану техніки. Це дозволяє ще більш точно планувати маршрути, уникати простоїв через технічні несправності та вести більш ефективний контроль за експлуатаційними витратами. Відтак, придбання такого автомобіля можна розглядати не лише як відповідь на оперативні потреби, а й як частину довготривалої стратегії модернізації галузі.

У підсумку, використання багатофункціональної техніки великої вантажопідйомності в системі поводження з відходами демонструє високий рівень адаптивності автотранспортного підприємства до нових викликів у сфері міського благоустрою. Такий підхід забезпечує гнучкість у роботі, економічну доцільність і дає змогу розглядати підприємство як одного з потенційних лідерів у регіональному сегменті управління відходами.

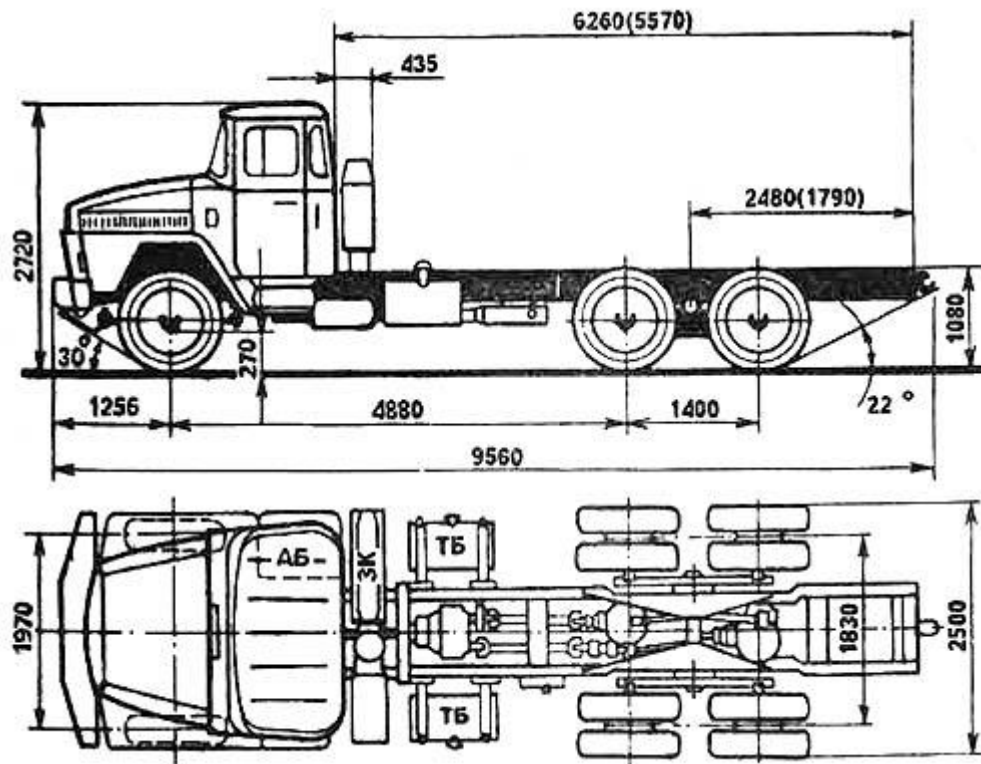


Рисунок 2.2 – Схема автомобіля КрАЗ-250

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики КрАЗ-250

Вантажопідйомність шасі, кг:	
із звичайною рамою	14575
з укороченою рамою	14725
Вантажопідйомність шасі з платформою (автомобіля), кг	13300
Маса спорядженого шасі, кг:	
із звичайною рамою	9200
з укороченою рамою	9050
Зокрема:	
на передню вісь:	
із звичайною рамою	4580
з укороченою рамою	4550
на візок:	
із звичайною рамою	4620
з укороченою рамою	4500
Повна маса шасі (автомобіля), кг	24000
Зокрема:	
на передню вісь	6000
на візок	18000
Допустима маса причепа, кг	20000
Макс, швидкість автомобіля, км/год	75
Час розгону автомобіля до 60 км/год	60

Продовження таблиці 2.1

Вибігання автомобіля з 50 км/год, м	700
Максимальний подоланий підйом автомобілем %	35
Гальмівний шлях автомобіля з 40 км/ч, м	17,2
Контрольна витрата палива автомобіля, при швидкості 60 км/год, л/100 км.	35
Радіус повороту, м:	
по зовнішньому колесу	12
габаритний	13

2.3 Особливості перевезень автомобільними мультиліфтами

Мультиліфтні сміттєвози – це приклад сучасної трансформації традиційної вантажної техніки у високофункціональний інструмент, здатний адаптуватися до різних виробничих завдань. Завдяки спеціалізованій системі, яка дозволяє самостійне завантаження і розвантаження контейнерів, такі транспортні засоби набувають особливої універсальності, що вирізняє їх серед звичайних вантажівок. Установка мультиліфтового механізму фактично перетворює автомобіль у платформу з розширеним функціоналом, яка може обслуговувати різні типи відходів, контейнери або навіть спеціальні ємності для великогабаритного сміття.

Подібні машини стають дедалі більш актуальними в умовах інтенсивного розвитку технологій і зростання вимог до ефективності міських сервісів. Їхня головна перевага полягає у здатності скорочувати час, витрачений на завантажувально-розвантажувальні операції, що, в свою чергу,

підвищує продуктивність праці й дозволяє обслуговувати більше адрес у межах одного маршруту. Такий підхід особливо цінний для громад, де кількість сміттєвих точок зростає, а простір для маневру техніки обмежений, як у щільно забудованих житлових кварталах.

Окрему увагу варто звернути на те, що мультиліфтні системи сприяють зменшенню витрат на експлуатацію техніки, оскільки дозволяють задіювати один транспортний засіб для кількох функцій. Машина може не лише вивозити сміття, а й використовуватись для транспортування будівельних матеріалів, перевезення контейнерів із вторсировиною чи навіть обслуговування майданчиків із небезпечними відходами, за умови наявності відповідних модулів. Завдяки цьому підприємства мають змогу зменшити загальну кількість одиниць техніки в автопарку, а отже оптимізувати витрати на утримання, паливе та ремонт.

Техніка такого типу гармонійно поєднує інженерну складність з практичною доцільністю. Можливість самостійного керування завантаженням дає змогу зменшити участь людського ресурсу в небезпечних або фізично виснажливих операціях. У контексті впровадження новітніх систем безпеки, автоматизації процесів та цифрового контролю, сміттєвози з мультиліфтовим механізмом виступають як зразок техніки нового покоління, яка відповідає викликам часу і дозволяє громадам діяти ефективніше в умовах обмежених ресурсів та зростаючих вимог до екологічного управління відходами.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд причепа-мультиліфта

Мультиліфтові системи відзначаються широкою варіативністю технічних рішень, однак усі вони мають спільне призначення – забезпечення можливості адаптації до різних умов експлуатації. Зокрема, їх конструкція передбачає зміну надбудов залежно від типу вантажу, який транспортується. Це можуть бути як стандартні контейнери для побутових відходів, так і спеціалізовані кузови для сипучих або небезпечних речовин. Завдяки цьому техніка набуває багатофункціональності, а підприємства можуть оптимізувати використання автопарку відповідно до конкретних виробничих потреб.

На візуальному прикладі однією з таких моделей є мультиліфт, змонтований на базі МАЗ 6312В9. Ця машина демонструє практичність подібної техніки в реальних умовах експлуатації, дозволяючи швидко адаптувати транспортний засіб до різних задач від вивезення сміття до перевезення конструкційних матеріалів або вторинної сировини.



Рисунок 2.4 – Мультиліфт-МАЗ 6312В9

Техніка такого типу має вантажопідйомність до двадцяти тонн і показала високі експлуатаційні характеристики під час використання в умовах інтенсивної роботи. Її конструкція вирізняється надійністю та стійкістю до зношення, що є ключовим чинником для підприємств, які щоденно працюють із великою кількістю відходів або вантажів. Автомобіль здатний ефективно виконувати функції транспортування завдяки поєднанню потужного приводу та добре продуманої системи гідравлічного керування.

Ще один приклад мультиліфтової системи реалізовано на базі шасі КАМАЗ 6520. Ця модель адаптована до перевезення важких і великогабаритних вантажів і використовується в аналогічних умовах інтенсивного навантаження. Вона підтвердила свою ефективність у практиці комунального господарства завдяки поєднанню міцної рами, оптимального розподілу ваги та зручності обслуговування.



Рисунок 2.5 – Мультиліфт-КАМАЗ

Мультиліфтова система, розроблена компанією HYVA, яка спеціалізується на виробництві гідравлічного обладнання в Нідерландах, відзначається високими технічними показниками та надійністю в експлуатації. Її конструкція дозволяє працювати з вантажем вагою до двадцяти двох тонн, що забезпечує ефективність при транспортуванні

великих об'ємів відходів або будівельних матеріалів. Важливою особливістю цієї системи є оптимізована траєкторія руху контейнера під час розвантаження, яка досягає кута нахилу майже п'ятдесят градусів, що забезпечує повне вивільнення вмісту без залишків.

Технічна досконалість механізму виявляється також у часових характеристиках виконання основних операцій. Завантаження контейнера відбувається трохи більше ніж за півтори хвилини, а повний цикл розвантаження потребує приблизно стільки ж часу. Це дозволяє підтримувати інтенсивний ритм роботи протягом робочого дня, що є критично важливим для комунальних служб або логістичних компаній.

Прикладом реалізації подібної системи у вітчизняному автопромі є мультиліфт, встановлений на базі шасі ЗІЛ-4329ВЛ. Такий варіант поєднує сучасні гідравлічні рішення з перевіреною часом конструктивною основою, що робить його придатним для використання як у міських, так і у сільських умовах.



Рисунок 2.6 – Мультиліфт на базі ЗІЛ-4329ВЛ

Описаний тип сміттевоза вже неодноразово довів свою ефективність у практиці комунального господарства різних населених пунктів, де щоденне прибирання територій вимагає надійної та продуктивної техніки. Важливим елементом цієї моделі є система завантаження, яку було розроблено та

виготовлено на українському підприємстві ТОВ «Ремдормаш». Завдяки цій конструкції забезпечується стабільна робота техніки у складних умовах експлуатації, зокрема при великій кількості навантажувальних циклів на добу.

Обмеження по максимальній масі вантажу, що його може транспортувати ця машина, становить вісім тонн. Цей показник відповідає середньому класу комунального транспорту та дає змогу ефективно здійснювати вивезення твердих побутових відходів у межах міських кварталів або приватного сектору. Кут нахилу контейнера при розвантаженні досягає п'ятдесяти градусів, що дозволяє повністю вивільнити вміст без необхідності ручного доочищення. Весь цикл встановлення контейнера у початкове положення триває до п'яти хвилин, що є прийнятним показником для збереження продуктивного темпу роботи протягом дня.

Іншим прикладом сучасного рішення в сфері комунального транспорту є машина, змонтована на базі Bell B25D/B30D. Її конструкція передбачає використання потужного шасі у поєднанні з гідравлічним обладнанням, що робить цей варіант придатним для виконання широкого спектру задач у сфері збору та транспортування різнотипних вантажів.



Рисунок 2.7 – Мультиліфт машинобудівної фірми Bell B25D/B30D

Ці транспортні засоби вже тривалий час успішно функціонують не лише на європейському ринку, а й у багатьох інших країнах, демонструючи стабільну ефективність у складних умовах експлуатації. Вони відзначаються винятковою надійністю всіх технічних компонентів, включаючи основні агрегати та допоміжні вузли. Конструкція передбачає використання контейнерів великої місткості, які здатні вміщувати до тридцяти тонн вантажу. За своїми габаритами такі контейнери сягають довжини близько семи метрів, що забезпечує можливість транспортування значних обсягів відходів або матеріалів за один рейс. Подібні характеристики роблять ці машини незамінними у сфері великомасштабних комунальних робіт і промислового перевезення.

2.4 Дослідження експлуатаційних характеристик спецавтомобіля-сміттєвоза

Для вивезення великогабаритних відходів підприємства житлово-комунального господарства застосовують автомобілі типу КрАЗ-250, обладнані системою мультиліфт. Ці транспортні засоби характеризуються високою ефективністю роботи. Розглянемо окремі параметри їхньої експлуатації. Аеродинамічний опір, що впливає на сміттєвоз під час руху, можна визначити за відповідною формулою.

$$F_{\text{нов}} = 0,5c_x A \rho_g V^2, \quad (2.1)$$

тут $c_x = 1$ – коефіцієнт, що визначений експериментально і він залежний від зовнішньої форми автомобіля; A – площа автомобіля, яка знаходиться перпендикулярно до силових ліній повітряного потоку, м^2 ; ρ_g – густина

повітряного потоку, $\rho_g = 1,23 \text{ кг/м}^3$; V – розрахункова швидкість автомобіля на заданій передачі, м/с.

Для розрахунку приймемо з технічної характеристики автомобіля [16]: ширина – 2,75 м; ширина колії – 2,5 м; висота – 3,115 м; передаточні числа (3-я передача) – КПП–1,52; роздаточна коробка (повищена передача) – 1,23; головна передача – 8,21; радіус колеса – 0,561 м; частота обертання двигуна при максимальному моменті – 1500 об/хв.; максимальний момент – 882,6 Н·м; повна маса – 22500 кг; кут підйому ц.в. – 1,4 м.

Розраховуємо швидкість руху автомобіля на прийнятій третій передачі

$$V = \frac{1500}{1,52 \cdot 1,23 \cdot 8,21} \cdot \frac{3,525}{60} = 5,74 \text{ м/с.}$$

Площу, на яку впливає потік повітря, визначають, виходячи з розмірів транспортного засобу — шляхом множення його висоти на ширину. При цьому береться до уваги коефіцієнт зменшення, який становить 0,9.

$$A = 0,9 \cdot 2,75 \cdot 3,115 = 7,71 \text{ м}^2.$$

Відповідно до цього опірність повітряного потоку буде становити

$$F_{\text{пов}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 7,71 \cdot 1,23 \cdot 5,74^2 = 156,3 \text{ Н.}$$

Визначимо додаткову силу, яка діє на автомобіль при його русі на підйом

$$F_n = G_a \cdot \sin \alpha, \quad (2.2)$$

де G_a – вага сміттєвоза за технічною характеристикою, $G_a = 220725 \text{ Н}$;

Тоді

$$F_n = 220725 \cdot \sin 0,052 = 11552 \text{ Н.}$$

Визначимо інерційну сила при розгоні автомобіля

$$F_i = m_e \cdot a_a = \delta \cdot m_a \cdot a_a. \quad (2.3)$$

Тут справедливо визначити коефіцієнт δ за залежністю

$$\delta = 1,04 + 0,04i_{kn}^2, \quad (2.4)$$

Підставляємо значення

$$\delta = 1,04 + 0,041 \cdot 1,52^2 = 1,132,$$

Тоді при заданому прискоренні $a_a = 0,1 \text{ м/с}^2$, інерційна сила становитиме

$$F_i = 1,132 \cdot 22500 \cdot 0,1 = 2548 \text{ Н.}$$

Враховуючи визначені сили опору переміщення автомобіля, знаходимо загальне значення опору

$$F = F_{\text{пов}} + F_{\text{п}} + F_i. \quad (2.5)$$

Встановлюємо значення

$$F = 156,3 + 11552 + 2548 = 14256 \text{ Н.}$$

Отже, було віднайдено значенні сил, які перешкоджають переміщенню автомобіля в описаних умовах.

2.5 Дослідження умов руху сміттєвоза при збереженні стійкості ТЗ

Це питання має велике значення для більшості спеціалізованих транспортних засобів, оскільки їхні умови експлуатації є досить складними. Особливу увагу слід приділити ситуаціям, коли вивезення відходів здійснюється до полігонів, розташованих у горбистій або пересіченій місцевості, що може створювати загрозу безпеці під час руху. У цьому контексті важливо проаналізувати здатність транспортного засобу зберігати стійкість і уникати перекидання.

Розглянемо умови, за яких може статися перекидання повністю завантаженого автомобіля при русі вгору. Перекидання можливе тоді, коли передні колеса втрачають контакт із дорожнім покриттям, тобто коли сила реакції опори на передню вісь стає рівною нулю.

$$R_{z2} = \frac{G_a}{L} \cdot (L_1 \cdot \cos \alpha - h_g \cdot \sin \alpha) = 0 \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{L_1}{h_g} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{L_1}{h_g} \right). \quad (2.6)$$

Для даної моделі транспортного засобу центр мас розташований на висоті $h_g = 1,4$ м. Спираючись на попередньо визначену умову, сформулюємо критерій, за якого транспортний засіб залишатиметься стійким та не перекинеться під час руху на підйом із заданим кутом нахилу.

$$\frac{L_1}{h_g} > \varphi_x. \quad (2.7)$$

Визначимо критичне значення цього кута, враховуючи наведені умови,

$$\alpha = \arctan\left(\frac{1,3}{1,4}\right) = 0,748 \text{ рад},$$

в градусах $\alpha = 43^\circ$.

Крім руху вперед на підйом часто є необхідність рухатися схилами, рис. 2.8

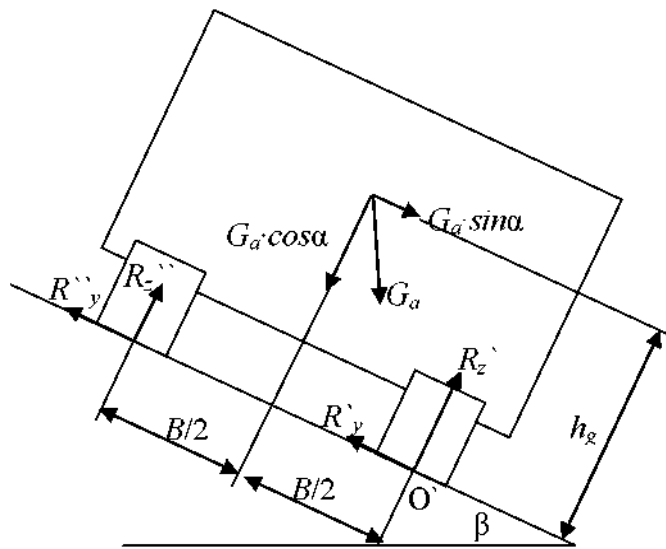


Рисунок 2.8 – Рух сміттєвоза схилом

Тут R_z' , R_z'' – умовно вертикальні нормальні до поверхні руху реакції для нижнього та верхнього опорних коліс;

R_z' , R_y'' – аналогічно поперечні реакції.

Перший випадок, який може бути з автомобілем – це його зсув з поперечної нерівності (сповзання).

Запишемо граничні умови при яких можливе сповзання

$$R_y' + R_y'' = G_a \cdot \sin \beta,$$

$$R_y' = R_z' \cdot \varphi_y \quad R_y'' = R_z'' \cdot \varphi_y,$$

$$R_y' + R_y'' = R_z' \cdot \varphi_y + R_z'' \cdot \varphi_y = (R_z' + R_z'') \cdot \varphi_y = G_a \cdot \sin \beta,$$

$$G_a \cdot \cos \beta \cdot \varphi_y = G_a \cdot \sin \beta. \quad (2.8)$$

Якщо перейти до коефіцієнта тертя, то його зв'язок з кутом тертя наступний

$$\varphi_y = \operatorname{tg} \beta. \quad (2.9)$$

Максимальний кут схилу, при якому може бути зісковзування

$$\beta = \operatorname{arctg} 0,8 = 38,7^\circ.$$

Як і в першому випадку перекидання можливе, якщо буде нульовою реакція верхніх опорних коліс на поверхню, тобто

$$R_z'' = 0. \quad (2.10)$$

Для визначення граничного кута складемо рівняння моментів відносно нижньої опорної точки

$$\sum T_{O'} = R_z'' \cdot B + G_a \cdot \sin \beta \cdot h_g - G_a \cdot \cos \beta \frac{B}{2}, \quad (2.11)$$

З (2.11) визначимо реакцію

$$R_z'' = \frac{G_a}{B} \cdot \left(\frac{B}{2} \cdot \cos \beta - h_g \cdot \sin \beta \right) \equiv 0,$$

А за умовою нульової реакції – граничний кут

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B}{2 \cdot h_g} = \gamma_B \rightarrow \beta = \operatorname{arctg} \frac{B}{2 \cdot h_g}. \quad (2.12)$$

Граничний кут β становитиме

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{2,5}{2 \cdot 1,4} = 0,73 \text{ рад},$$

або $\beta = 42^\circ$.

Отже, максимальний допустимий кут нахилу для запобігання перекиданню сміттєвоза у поперечному напрямі дорівнює 42° .

3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Контроль за станом охорони праці та техніки безпеки

Автомобільний транспорт є джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей. Ця проблема особливо загострилася в останні десятиліття унаслідок збільшення кількості автомобілів і інтенсивності їх експлуатації. На автомобільному транспорті відбувається різке зростання виробництва, збільшується чисельність працівників, діяльність яких пов'язана з експлуатацією автомобілів. В той же час підвищується енергоозброєність праці, широко застосовуються нові технології технічного обслуговування і ремонту рухомого складу автомобільного транспорту. У зв'язку з цим існує потреба в зниженні і запобіганні дії на людину несприятливих виробничих чинників, пов'язаних з експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом рухомого складу автомобільного транспорту.

В умовах ринкових стосунків між працедавцями і працівниками зростає важливість знання правової основи цих стосунків, а також прав, обов'язків і відповідальності як працедавців (організаторів виробництва), так і працівників. Це необхідно для правильної організації охорони праці, збереження життя, здоров'я і працездатності працівників і врешті для підвищення ефективності їх праці.

Контроль за станом охорони праці на автомобільному транспорті передбачає виявлення відхилень від стандартів, норм, правил, інструкцій і іншої нормативної документації по охороні праці, перевірку виконання органами управління і керівним складом своїх обов'язків в області охорони праці, умов праці, готовності виконавців до роботи, дотримання ними вимог

безпеки праці. На основі результатів контролю повинні прийматися заходи по усуненню виявлених недоліків.

На автомобільному транспорті застосовують наступні види контролю за станом охорони праці: оперативний; ступінчастий (адміністративно-суспільний); відомчий; суспільний; контроль, здійснюваний органами державного і відомчого нагляду.

Оперативний контроль за дотриманням вимог безпеки праці в ході роботи здійснюють керівники цих робіт. Контроль за виконанням функцій системи управління охороною праці на підлеглих підприємствах, в їх підрозділах і в організаціях (апараті управління) здійснюють керівники підприємств і організацій відповідно до посадових обов'язків.

Ступінчастий контроль за перебуванням охорони праці на підприємстві проводить адміністрація за участю профспілкового комітету відповідно до стандарту підприємства.

Відомчий контроль за станом охорони праці (комплексні і цільові перевірки) здійснюють відділення доріг, ОПЖТ, управління доріг і метрополітенів, головні управління і управління МПС. Цільові перевірки можуть проводити і керівники підприємств в підлеглих підрозділах.

Нагляд за правильністю виготовлення, установки і безпечною експлуатацією об'єктів котлонагляду, за технічним станом і забезпеченням безпечного обслуговування електроустановок, дотриманням правил безпеки при експлуатації газового устаткування, безпекою ведення гірських і вибухових робіт, дотриманням санітарно-гігієнічних норм і правил, законодавства про охорону праці здійснюють органи державного і відомчого нагляду, що діють відповідно до положень затвердженими в установленому порядку.

Контроль за діяльністю керівників підприємств і їх підрозділів в області охорони праці здійснює ЦК профспілки і технічна інспекція праці, що знаходиться в його підпорядкуванні, комісії і суспільні інспектори по охороні праці, суспільні санітарні інспектори.

За своїм змістом контроль повинен передбачати організацію та здійснення нагляду за:

- станом і функціонуванням СУОП у цілому на підприємстві і в підрозділах;
- рухом та виконанням строків і вказівок організаційно-розпорядчої документації;
- організацією та виконанням робіт безпосередньо на ділянках і робочих місцях.

Контроль за виконанням стандартів, вимог і норм повинен виконуватися:

- 1) на трьох рівнях: управлінському, організаційному, виконавчому;
- 2) на трьох стадіях виробничих процесів: перед початком роботи, в процесі її виконання, після закінчення роботи;
- 3) на трьох часових інтервалах: щодня (щозмінно), щомісячно, щоквартально.

3.2. Дії у надзвичайних ситуаціях на автомобільному транспорті

Рекомендації щодо дій населення в разі виникнення надзвичайно ситуації або події на транспорті.

У громадському транспорті (автобусі, тролейбусі, трамваї, маршрутному таксі):

- негайно вийти із салону транспорту через вхідні (вихідні) двері, у разі неможливості відкрити двері залишити салон через аварійні виходи (вибити скло та очистити рами вікон від його уламків);
- під час евакуації з транспорту зберігати спокій, надавати допомогу пасажирам із дітьми, жінкам, літнім людям, інвалідам;

- зателефонувати до компетентних органів та вказати місце (адресу, район), де виникла надзвичайна ситуація або подія;
- після виходу з місця надзвичайної ситуації або події залишатися у безпечному місці для отримання першої лікарської медичної допомоги (за необхідності) та надання інформації працівникам правоохоронних органів щодо ймовірних причин виникнення надзвичайної ситуації або події;
- надавати першу медичну допомогу постраждалим (за можливістю).

У разі причетності до дорожньо-транспортної пригоди водій зобов'язаний:

- а) негайно зупинити транспортний засіб і залишатися на місці пригоди;
- б) увімкнути аварійну сигналізацію і встановити знак аварійної зупинки відповідно до вимог пункту 9.10 цих Правил;
- в) не переміщати транспортний засіб і предмети, що мають причетність до пригоди;
- г) вжити можливих заходів для надання першої медичної допомоги потерпілим, викликати карету швидкої медичної допомоги, а якщо це неможливо, звернутися за допомогою до присутніх і відправити потерпілих до лікувального закладу;
- г) у разі неможливості виконати дії, перелічені в підпункті «г» пункту 2.10 цих Правил, відвезти потерпілого до найближчого лікувального закладу своїм транспортним засобом, попередньо зафіксувавши розташування слідів пригоди, а також положення транспортного засобу після його зупинки; у лікувальному закладі повідомити своє прізвище та номерний знак транспортного засобу (з пред'явленням посвідчення водія або іншого документа, який посвідчує особу, реєстраційного документа на транспортний засіб) і повернутися на місце пригоди;
- д) повідомити про дорожньо-транспортну пригоду орган чи підрозділ міліції, записати прізвища та адреси очевидців, чекати прибуття працівників міліції;

е) вжити всі можливі заходи для збереження слідів пригоди, огороження їх та організувати об'їзд місця пригоди;

є) до проведення медичного огляду не вживати без призначення медичного працівника алкоголю, наркотиків, а також лікарських препаратів, виготовлених на їх основі (крім тих, які входять до офіційно затвердженого складу аптечки).

Своєчасна та ефективна медична долікарська допомога на місці події є найважливішим фактором збереження життя постраждалих і прискорення одужання в посттравматичному періоді.

Вимоги в аварійних ситуаціях.

Аварійна ситуація може виникнути в основному при дорожньо-транспортній пригоді.

У разі причетності до дорожньо-транспортної пригоди водій зобов'язаний:

Негайно зупинити транспортний засіб і залишатись на місці пригоди.

Увімкнути аварійну сигналізацію і встановити знак аварійної зупинки.

Не переміщати транспортний засіб і предмети, що мають відношення до пригоди.

Вжити можливих заходів для подання першої медичної допомоги потерпілим, викликати карету швидкої медичної допомоги, а якщо це неможливо, звернутися за допомогою до присутніх і відправити потерпілих до лікувального закладу.

У разі неможливості виконати дії, викладені в пункті.

Відвезти потерпілого до найближчого лікувального закладу своїм транспортним засобом, попередньо зафіксувавши розташування слідів пригоди, а також положення транспортного засобу після його зупинки; у лікувальному закладі повідомити своє прізвище та номерний знак транспортного засобу (з пред'явленням посвідчення водія або іншого документа, який засвідчує особу реєстраційного документа на транспортний засіб) і повернутися на місце пригоди.

Повідомити про дорожньо-транспортну пригоду органи міліції, записати прізвища і адреси очевидців, чекати прибуття працівників міліції.

Вжити всіх можливих заходів для збереження слідів пригоди, огороження їх та організувати об'їзд місця пригоди.

До проведення медичного огляду не вживати без призначення медичного працівника алкоголю, наркотиків, а також лікарських препаратів, виготовлених на їх основі (крім тих, які входять до складу офіційно затвердженої аптечки).

Аварійна ситуація при проведенні технічного обслуговування чи ремонті може виникнути у разі падіння вивішеного автобуса, падіння з висоти, ураження електричним струмом та інше.

При виникненні такої ситуації слід негайно припинити роботу, виключити обладнання, огородити небезпечну зону, не допускати до неї сторонніх осіб.

Повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

Якщо є потерпілі - надати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати "швидку допомогу".

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи проведено комплексний аналіз ефективності спеціалізованої техніки, призначеної для вивезення побутових відходів. Здійснене дослідження дозволило дійти висновку, що сучасна система збору та транспортування ТПВ потребує не лише високотехнологічного обладнання, а й гнучкого логістичного підходу, адаптованого до особливостей міської забудови, інфраструктури та динаміки зростання обсягів сміття.

Розгляд технічних характеристик автомобіля КрАЗ-250 із системою мультиліфт показав, що така техніка відповідає ключовим вимогам ефективності: вона забезпечує велике завантаження, швидке обслуговування контейнерів та надійність у складних умовах експлуатації. Розрахунки, виконані в роботі, засвідчили здатність транспортного засобу витримувати динамічні та аеродинамічні навантаження, а також зберігати стійкість при русі на підйомах і схилах. Це вказує на доцільність її використання в районах із гористим рельєфом або складною дорожньою обстановкою.

Аналіз практичного використання техніки на прикладі Тернопільської громади підтвердив, що оптимальне поєднання сучасного автопарку, планування маршрутів та цифрового контролю дозволяє зменшити витрати, підвищити якість обслуговування та знизити вплив на навколишнє середовище.

Отримані результати свідчать про необхідність системного підходу до вибору та експлуатації спецтехніки для вивезення ТПВ. Поєднання конструктивних переваг мультиліфт-систем, технічної надійності та правильного управлінського підходу здатне суттєво підвищити ефективність комунального сектору. Надалі доцільно зосередитися на оновленні технічного парку, впровадженні екологічних стандартів і автоматизації процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Босняк М.Г. «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с.
2. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини / Ф.К.Іванченко.-К.: Вища школа, 1993. – 413с.
3. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи: для студентів за освітньо-професійної програми "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / уклад.: О.Л. Ляшук, Ю.Я. Вовк, В.О. Дзюра, О.П. Цьонь, І.М. Кучвара, М.В. Бабій, А.Й. Матвіїшин, Н.Б. Гаврон; М-во освіти і науки України, ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 60 с.
4. Бабій М.В. Проблеми транспортної логістики в аграрному секторі України / М.В. Бабій // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Випуск 184 “Технічний сервіс машин для рослинництва”, Харків, 2017. – с.130–135.
5. Бабій М.В., Дзюра В.О., Бабій А.В., Рожко Н.Я., Валяшек В.Б. Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при взаємодії різних видів транспорту. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133.
6. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
7. Северин О.О. Вантажні роботи на автомобільному транспорті: організація і технологія. Підручник для студентів вищих навчальних закладів напрямку „Транспортні технології”. Харків: ХНАДУ, 2017. 384 с.

8. Сокур І.М. Транспортна логістика: Навчальний посібник – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 222 с.
9. Левковець П.Р., Зеркалов Д.В., Мельниченко О.І., Казаченко О.Г. Управління автомобільним транспортом. Навч. посібник. За ред.Д.В. Зеркалова. К.: Арістей, 2006.
10. Бабій А. В., Довбуш Т. А., Бабій М. В., Ткаченко О. І., Сташків М. Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль : ТНТУ 2023. 246 с.
11. Бабій М.В. Обґрунтування раціональної тривалості робочого часу водія при виконанні транспортних операцій / М.В. Бабій, А.В. Бабій, А.Й. Матвійшин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Випуск 169 “Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу” – Харків, 2016. С. 232–236.
12. Автомобільні перевезення вантажів : [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://readonline.com.ua/items/anons/vazhnoe-anons/16684-avtomobilni-perevezennya-vantazhiv-perevagi-ta-nedoliki/>.
13. Бабій М.В. Дослідження параметрів стрічкового конвеєра для транспортування сипучих матеріалів. Матеріали наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2019. С. 37-38.
14. Babii A., Babii M.(2019) Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 95, no 3, pp. 97-104.
15. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник / За редакцією Я. І. Бедрія. – Львів: Видавнича фірма «Афіша», 1999. - 275 с.
16. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористування», 2019. №3 (13) С. 87–91.

17. Бабій А.В. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні / Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. № 11. 2018. С. 27-34.
18. Горяїнов О.М. Вантажні перевезення: Конспект лекцій. (для студентів напряму підготовки – Транспортні технології) / Харків, 2009. – 109с.
19. Бабій М.В. Дослідження ефективності розподілу асигнувань між взаємодіючими видами транспорту. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 55.
20. Babii A., Babii M. (2019) Taking impact of oscillation amplitude of bearing frame sections of boom sprayers into account on its resource. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 95, no 3, pp. 97-104.
21. Кунда Н. Т., Олещук Н. В. Оптимізація схеми доставки дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом. Вісник Національного транспортного університету. 2018. № 1. С. 178-187.
22. Oleksandr Andreykiv, Andrii Babii, Iryna Dolinska, Nataliya Yadzhak, Mariia Babii. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. Procedia Structural Integrity. Volume 36, 2022, P. 36-42.
23. Бабій М.В. Дослідження раціональної тривалості робочого часу водія. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2016. Том 1. С. 105.
24. Бабій, М. В., & Чорній, Б. П. (2021). Вплив підготовчих операцій на ефективність транспортування вантажів. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-

технологічних машин “, 91-91.

25. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 105, no 1, pp. 5–12.

26. Організація перевезення вантажів у сільському господарстві/О. І. Бурлай, М.Г. Вергун, В.І. Котелянець[та ін.]. Житомир : Вид-во «Полісся», 1993. 162 с.

27. Бабій М.В., Фарина Є.І., Бабій Д.Т. Ефективність технологічних процесів навантажувально-розвантажувальних робіт з різними видами вантажів. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 224.

28. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. – К.: Вища шк., 2009. – 734 с.: іл.

29. Бабій М.В. Шляхи вирішення логістичних проблем агропромислового комплексу України. Матеріали XX наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2017. С. 55.

30. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні. К.: Державтотрансдідпроект, 1998. – 129 с.

31. Бабій М.В., Бабій В.А., Стрільчук В.М. Особливості автоматизованого способу обробки контейнерів у терміналах. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 223.

32. Leshchak, R.L., Babii, A.V., Barna, R.A. et al. Corrosion Resistance of the Coating of the Frame of an Agricultural Sprayer Boom. Mater Sci 58, 2022. 268–273.

33. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підруч. / І.А. Вікович. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 672 с.

