

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів і транспортних технологій**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня
магістр

Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

на тему: «Оцінка впливу стилю водіння водіїв автобусів КП ЖТТУ на витрату
палива »

Виконав: студент групи ААГ-20м



Ілля ЧАЙКОВСЬКИЙ

Керівник:



Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Завідувач кафедри:



Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Рецензент:



Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ

Житомир – 2023 р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра: автомобілів і транспортних технологій
Освітній ступінь: «магістр»
Галузь знань: 27 «Транспорт»
Спеціальність: 274 – Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А і ТТ
Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

« 10 » 10 2023р.

З А В Д А Н Н Я

до магістерської роботи освітнього ступеня магістр
Чайковського Іллі Анатолійовича

- 1. Тема роботи:** «Оцінка впливу стилю водіння водіїв автобусів КП ЖТТУ на витрату палива» затверджена наказом вищого навчального закладу від 20 жовтня 2023 року № 601-С
- Керівник роботи:** к. т. н., Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ
- 2. Строк подання студентом завершеної роботи** 01.12.2023 р.
- 3. Вихідні дані до роботи:** дані з публікацій щодо проведених вимірювань прискорення в різних режимах руху автобусів, результати вимірювань прискорень з GPS-трекерів встановлених в автобусах МАЗ 206086 КП ЖТТУ, передовий досвід впровадження системи ECO DRIVING на основі наукових літературних джерел.
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):** 1. Постановка та дослідження проблеми моніторингу впливу якості водіння водіїв на витрату палива автобусами в літературних джерелах. 2. Дослідження теоретичних основ вимірювання прискорень автобусів, заходи та засоби оцінки впливу водія на органи керування автомобілем. 3. Вибір методики оцінки впливу якості водіння автобусів на витрату палива, розробка та застосування алгоритму експериментального дослідження. 4. Аналітична оцінка впливу якості водіння автобусами КП ЖТТУ в м. Житомир на маршрутах №33, №44 на витрату палива. Загальні висновки та практичні рекомендації. Список використаних джерел.
- 5. Пояснювально - роздавальний матеріал (презентація) – 20 слайдів.**

Дата видачі завдання « 17 » 09 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

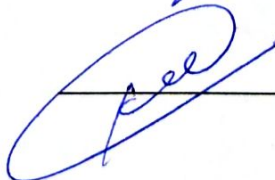
№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Дослідження літературних джерел та робіт за проблеми впливу оцінки якості водіння водіями автобусів на витрату палива	17.09.2023	Виконано
2.	Дослідження теоретичних основ вимірювання прискорень автомобілів	24.09.2023	Виконано
3.	Вибір методики оцінки впливу якості водіння автобусів на витрату палива	08.10.2023	Виконано
4.	Розробка алгоритму експериментального дослідження	22.10.2023	Виконано
5.	Проведення розрахунків впливу якості водіння автобусами КП ЖТТУ в м. Житомир на маршрутах №33, №44	05.11.2023	Виконано
6.	Аналіз аналітичних розрахунків впливу якості водіння на витрату палива, розробка практичних рекомендацій щодо впровадження системи оцінювання якості водіння на досліджуваному підприємстві	19.11.2023	Виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки	26.11.2023	Виконано
8.	Рецензування	01.12.2023	Виконано
9.	Попередній захист	04.12.2023	Виконано
10.	Захист	11.12-31.12.2023	Виконано

Студент



Ілля ЧАЙКОВСЬКИЙ

Керівник роботи



Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Чайковського І.А. на тему «Оцінка впливу стилю водіння водіїв автобусів КП ЖТТУ на витрату палива», спеціальність Автомобільний транспорт 274, м.

Житомир, 2023 рік

Магістерська робота на тему: «Оцінка впливу стилю водіння водіїв автобусів КП ЖТТУ на витрату палива» містить 90 сторінок, 10 таблиць, 41 рисунок. Перелік посилань нараховує 25 найменувань.

Метою дослідження є визначення залежності витрати палива від стилю водіння водіїв автобусів КП ЖТТУ.

Об'єктом дослідження є процес (стиль) управління водіїв автобусами під час виконання рейсів.

Предметом дослідження є якісні показники оцінки стилю управління водієм транспортним засобом та їх вплив на витрату палива.

Методи дослідження. У роботі застосовувалися такі методи досліджень як статистичний аналіз, порівняння, вимірювання, систематизації та узагальнення, експериментальний метод.

Результати роботи. Були розглянуті теоретичні положення й розроблена методика збору та аналізу даних про прискорення автобусів по методиці GPS з допомогою трекерів з підключенням до CAN шини для подальшої оцінки впливу якості водіння водіями автобусів на витрату палива. Доведена залежність між більш агресивним стилем водіння і збільшеною витратою палива, що в роботі виражене розрахованою залежністю.

Рекомендації щодо використання результатів роботи. Керівництву КП ЖТТУ рекомендовано до використання досліджена в роботі методика розрахунку прискорень з допомогою трекерів як невід'ємного елемента інформаційної системи автомобіля. Використання трекерів та програмного забезпечення OVERSEER дозволить в подальшому досягти економії пального через корекцію стилю водіння.

ABSTRACT

Chaikovsky I.A. on the topic "Assessment of the influence of the driving style of bus drivers of the «Communal enterprise Zhytomyr Tram Trolleybus Administration (ZTTA)» on the fuel consumption, specialty Automotive transport 274, Zhytomyr, 2023

Master's thesis on the topic: "Assessment of the influence of driving style of bus drivers of «Communal enterprise Zhytomyr Tram Trolleybus Administration» on fuel consumption" contains 90 pages, 10 tables, 41 figures. The list of links includes 25 items.

The purpose of the study is to determine the dependence of the fuel consumption of buses of «Communal enterprise Zhytomyr Tram Trolleybus Administration» on the assessment of driving quality.

The object of the study is the process (style) of managing bus drivers during the flight.

The subject of the study is the evaluation indicators of the driving style of the vehicle driver and their influence on fuel consumption.

Research methods. Research methods such as statistical analysis, comparison, measurement, systematization and generalization, experimental method were used in the work.

Work results. The theoretical provisions were considered and a technique was developed for collecting and analyzing data on the acceleration of buses using the GPS method with the help of trackers connected to the CAN bus for further assessment of the influence of the driving quality of bus drivers on fuel consumption. The dependence between a more aggressive driving style and increased fuel consumption is proven, which is expressed in the work by the calculated dependence.

Recommendations on the use of work results. The management of the CE ZTTA is recommended to use the method of calculating accelerations using trackers as an integral element of the car information system. The use of trackers and OVERSEER software will allow you to achieve fuel savings in the future due to the correction of your driving style.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ПРОБЛЕМОЮ ВПЛИВУ СТИЛЮ ВОДІННЯ ВОДІЇ АВТОБУСІВ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА	8
1.1 Чинник водія в управлінні транспортним засобом у системі ВАДС	8
1.2 Потреба впровадження технологій екологічного водіння в міському громадському транспорті	26
1.3 Режими руху громадського транспорту під час виконання рейсів	34
1.4 Висновки до розділу 1	40

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДІННЯ	43
2.1 Залежності при вимірюванні прискорень автомобілів	43
2.2 Методика розрахунку прискорень автомобілів GPS-трекерами	45
2.3 Висновки до розділу 2	48

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДІННЯ АВТОБУСІВ МАЗ 206086	50
3.1 Вибір автомобіля, маршрутів руху, планування експерименту	50
3.2 Монтаж обладнання, підключення до CAN шини автомобіля.....	53
3.3 Висновки до розділу 3	66

РОЗДІЛ 4 ОБРОБКА, АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДІННЯ АВТОБУСІВ	67
4.1 Обробка та аналіз результатів вимірювань в автобусі МАЗ206086.....	67
4.2 Аналіз структури порушень граничних показників прискорень	80
4.3 Висновки до розділу 4	88

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КП ЖТТУ – Комунальне Підприємство Житомирське Трамвайно-Тролейбусне
Управління;

ТЗ – транспортний засіб;

OVERSEER – компанія-постачальник програмного продукту

ВАДС – система «Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище»

g – прискорення автомобіля $9,8 \text{ м/с}^2$;

ECO-DRIVING – система контролю якості водіння;

ВСТУП

Витрата палива громадського пасажирського транспорту при здійсненні міських пасажирських перевезень актуальною проблемою сьогодення. Керівники підприємств, що здійснюють перевезення проводять постійний пошук засобів та способів для вимірювання й контролю якості водіння автомобілем. Стан проблеми полягає в тому, щоб досягти максимальної точності в вимірюванні показників моніторингу впливу водія на забезпечення плавності управління транспортним засобом, адже це допомагає уникнути для підприємства підвищеної витрати палива автопарку, досягти вищого за існуючий рівня безпеки пасажирських перевезень, зменшити експлуатаційні витрати на обслуговування й ремонт гальмівної системи автомобіля, покращити показники екологічності, зменшивши викиди шкідливих речовин від процесу згоряння дизельного палива. Тому актуальним є проведення досліджень щодо методики оцінки впливу поведінки водія на якість водіння, покращити ефективність використання транспортних засобів через моніторинг такого впливу, підібрати спосіб визначення показників впливу.

Основною гіпотезою є доведення достовірності того, що при оптимальних параметрах якості водіння автобусів досягається економія витрати палива. Вагомим в дослідженні є результативні показники зменшення витрати палива.

Актуальність пошуку шляхів оцінки впливу якості керування водієм автобусом, що здійснює міські перевезення, є значущою для зменшення витрат комунального підприємства на паливо-мастильні матеріали, запасні частини, часу на технічне обслуговування автопарку. Розвиток науково-технічного процесу, поява нових видів обладнання дають змогу застосувати нові методи вимірювань показників швидкості та прискорення автобусів, що прямо впливають на витрату палива під час здійснення рейсів.

Об'єктом дослідження є процес (стиль) водіння водіїв автобусів під час виконання рейсів.

Предметом дослідження є якісні показники оцінки стилю управління водієм транспортним засобом та їх вплив на витрату палива.

Метою дослідження є визначення залежності витрати палива від стилю водіння водіїв автобусів КП ЖТТУ.

В даному випадку використання GPS трекерів для збору параметрів прискорень розглядається не як окремий засіб контролю якості перевезень, а як невід’ємний елемент системи контрольно-вимірювальних приладів автомобіля, що дозволяє водію обирати оптимальний режим управління транспортним засобом, а керівнику підприємства проводити постійний моніторинг та контроль якості водіння підлеглого йому персоналу.

Основними завданнями роботи є:

1.Провести дослідження літературних джерел, зокрема проведених спостережень, контрольних заїздів для визначення різновидів стилю водіння водіями автобусів, адже це безпосередньо в подальшому дозволить досягти економії в витраті палива автобусів. На цьому етапі проаналізувати та обрати оптимальні параметри оцінки якості водіння для подальшого внесення їх в програмне забезпечення для проведення дослідження, щодо якості водіння автобусів у м. Житомир;

2. Дослідити теоретичні засади визначення прискорення автобусів, які надають змогу в повному обсязі оцінити стиль водіння. При цьому провести дослідження існуючих формул для визначення допустимих і критичних показань прискорення для подальшої аналітики щодо прив’язки даних параметрів до динаміки показників витрати палива.

3. Спланувати та провести експеримент, що дозволяє визначити, до якого стилю водіння слід віднести ту чи іншу манеру керування автобусом окремо кожного водія в межах його зміни.

В ході проведення експериментального дослідження необхідно організувати збір параметрів, що є показниками оцінки стилю водіння та їх взаємозв’язок з витратою палива. Для вибірки показників якості водіння необхідно правильно підібрати засоби відбору інформації – GPS трекери та спеціалізоване програмне забезпечення для подальшої аналітики отриманих показників.

Провести фізичне підключення трекерів до інформаційної системи автомобіля, прив'язку трекерів до програмного забезпечення, занести необхідні налаштування в програму для збору показників якості водіння, зібрати дані прискорень для їх подальшої аналітики.

4. Проаналізувати зібрані в ході експериментального дослідження показники, які дозволяють оцінити те, до якого стилю відноситься той чи інший спосіб управління транспортним засобом кожним водієм окремо. Аналіз отриманих показників швидкості, прискорення, різкості входження в поворот дозволять сформувати показники оцінки якості водіння та проаналізувати кореляцію даних показників з показниками фактичної витрати палива, що відібрані з CAN шини автобуса.

Завданням є сформувати рекомендації для керівництва автобусного парку для досягнення економії пального, зменшення матеріальних витрат на обслуговування автопарку, зокрема на ремонт і обслуговування гальмівної системи. Аналіз отриманих оцінок водіння кожним водієм окремо дозволить визначити коло водіїв, з якими необхідно провести роз'яснювальну роботу щодо покращення їх якості водіння.

Виходячи з поставлених завдань для проведення експериментальних досліджень було обрано автобуси МАЗ 206086 2018 року з дизельним двигуном та автоматичною трансмісією комунального підприємства м. Житомир, на які було встановлено додаткове обладнання у вигляді GPS трекерів.

Методи дослідження. У роботі застосовувалися такі методи досліджень як статистичний аналіз, порівняння, вимірювання, систематизації та узагальнення, експериментальний метод.

Новизна отриманих результатів полягає в оптимальному підборі параметрів оцінки впливу водія на витрату палива, зокрема параметрів оцінки прискорення для умов експлуатації автобусів у м. Житомир, визначення діапазону перевищення даних параметрів, які спричиняють критичний вплив на витрату палива. Наступним кроком в новизні дослідження є оптимальна прив'язка отриманих раніше параметрів до системи оцінювання якості водіння шляхом призначення відповідних штрафних балів водію за допущенні ним перевищення того чи іншого параметру.

Сукупність правильно підібраних параметрів та їх співвідношення до виявлених порушень дозволяє в кінцевому результаті правильно виставити оцінку в програмному забезпеченні для оцінювання якості водіння і, відповідно, знизити витрату палива.

Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, щоб запропонувати комунальному підприємству-перевізнику застосувати на постійній основі в себе систему оцінювання якості водіння як базову невід'ємну опцію контролю за якістю водіння в м. Житомир в симбіозі запропонованого обладнання трекерів Teltonika FMB 140 або ж діючих трекерів та програмного забезпечення OVERSEER.

Показники граничного перевищення прискорення, прискорення при входженні в поворот та їх прив'язку до системи оцінювання якості водіння досліджено експериментальним шляхом. Підключення трекера до CAN-шини дозволить підприємству отримувати інформацію про ступінь натискання водієм на педаль акселератора, таким чином зменшуючи витрату пального.

Додатково з'явиться можливість контролювати достовірність заповнених водієм показників витрати палива за зміну, порівнюючи їх з показниками бортового комп'ютера автомобіля, контролювати середні та максимальні обороти двигуна. Також з'явиться можливість отримувати на диспетчерський пульта тривожні події, такі як підняття температури охолоджуючої рідини, вимірювати напругу в електросистемі автомобіля.

Сучасне обладнання дозволяє під'єднати до трекера у пін вхід OUT звуковий чи світловий сигнал, що сигналізує водієві під час виконання рейсу про порушення показників якості водіння і, таким чином, мати зворотній зв'язок від системи для прийняття правильного рішення водієм, що віддалено має ознаки локальної інтелектуальної транспортної системи.

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ПРОБЛЕМОЮ ВПЛИВУ СТИЛЮ ВОДІННЯ ВОДІЇ АВТОБУСІВ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА

1.1 Чинник водія в управлінні транспортним засобом у системі ВАДС

Витрата палива автобусами під час виконання рейсів залежить від основних ключових елементів, які утворюють систему: водій-автомобіль-дорога-середовище. Відмова будь-якого елементу цієї системи збільшує ймовірність виходу її з нормального-функціонального стану.

Встановлено, що втрата концентрації уваги, зміна емоційного стану та інтенсивність навантаження є основними факторами, які впливають на психофізіологічний стан водія пасажирського автобусу.

Дослідження чинника людини у транспортних системах набувають все більшої актуальності, враховуючи зростання рівня автомобілізації та розвиток транспортної галузі загалом. Відповідно до цього постає завдання, щодо забезпечення належного рівня безпеки руху та зниження витрат палива при виконанні рейсів. На сьогодні у цій сфері зазвичай першочергово враховують особливості дорожніх умов та конструктивні параметри автомобільних доріг, проте часто упускають роль «фактору людини». При цьому, з розвитком методології та технічних засобів, ці питання піддаються дослідженням та частково вирішуються.

В даний час автомобіль є невід'ємною частиною життя людини. При цьому, особливо в умовах зростання цін на паливо, дуже важливе економне використання палива в автомобілі. Один із способів зниження витрати палива полягає в оптимізації стилю водіння та виборі найбільш ефективних маршрутів. Однак, вибір правильного стилю водіння та маршруту може бути складним та залежить від багатьох факторів, таких як умови дороги, швидкість руху, поведінка інших водіїв тощо. Для вирішення цієї проблеми можна використовувати нечіткі системи передбачення витрати палива автомобіля на основі даних про стиль водіння та параметри дороги.

Необхідність розробки такої системи ґрунтується на тому, що спостерігається різний рівень споживання палива на однакових відстанях та за однакових умов дороги залежно від стилю водіння водія.

Це дозволяє зробити висновок про те, що стиль водіння та параметри дороги відіграють ключову роль у визначенні витрат палива автомобіля. Нечітка система передбачення витрати палива автомобіля на основі даних про стиль водіння та параметри дороги може допомогти водієві визначити оптимальний стиль водіння та маршрут, що зрештою призведе до зниження витрати палива.

Нечітка система передбачення витрати палива автомобіля на основі даних про стиль водіння та параметри дороги може бути розроблена наступним чином. Спочатку, необхідно зібрати дані про стиль водіння водія та параметри дороги. Для цього можна використовувати різні датчики та девайси, такі як GPS, інерційні датчики, датчики швидкості, тиск у шинах, температури двигуна та інші. Далі, отримані дані необхідно обробити та згрупувати відповідно до різних параметрів, таких як швидкість руху, кут нахилу дороги, тип дорожнього покриття тощо.

На основі отриманих даних необхідно розробити нечітку систему передбачення витрати палива. Нечітка логіка дозволяє використовувати нечіткі правила для опису взаємодії між різними параметрами, такими як швидкість руху, кут нахилу дороги, тип дорожнього покриття тощо. Внаслідок цього можна визначити, як ці параметри впливають на витрату палива автомобіля [1].

Керування автомобілем є основною функцією водія. Під час руху поганими дорогами водій, використовуючи зворотній зв'язок, майже безперервно працює рульовим колесом і здійснює гальмування і розгін. У системі людина -автомобіль людина є оператором, а автомобіль - об'єктом керування. Водій, безперервно аналізуючи дорожню обстановку та результати керування, змінює параметри руху.

Автомобіль проявляє свої якості тільки в руках грамотного спеціаліста – людини. Кваліфікований і досвідчений водій впливає на всі техніко-економічні показники, проявляючи майстерність керування (водіння автомобілем).

У системі керування автомобілем водій вирішує як мінімум три основних завдання: оцінює ситуацію на дорозі та формує бажаний вектор швидкості, тобто її величину і напрям руху.

Водій визначає поточне положення автомобіля та визначає вектор стану – порівнює бажаний і поточний стани та виробляє алгоритм – керуючий вплив на органи керування;

Крім того водій постійно оцінює технічний стан автомобіля (створює алгоритми та задає режим роботи його агрегатів), забезпечуючи не тільки безпеку, але й надійність автомобіля, а також його продуктивність як транспортного засобу. Успішність виконання перерахованих функцій і здатність зменшення ризику можливих помилок можна вважати проявом майстерності водія.

Майстерність водіння відбивається на роботі всіх агрегатів автомобіля і проявляється у плавності рушання автомобіля з місця, своєчасності перемикавання передач, динаміці розгону, виборі швидкісного режиму руху, плавності гальмування. Відомо, що при високій майстерності водіння досягається економія пального до 20-25% і збільшення ресурсу автомобіля до 25-50% та зниження можливості ДТП [2].

Система «людина-автомобіль-середовище» - це надзвичайно складна велика система. Це не просто складна система щодо управління, а тріада, в сенсі взаємодії технічних, біологічних та прояв інтелектуальних якостей людини.

Для часткового з'ясування впливу навколишнього середовища дослідниками були проведені експериментальні дослідження при русі механічних колісних транспортних засобів категорії М2 в транспортному потоці в м. Житомир [3], рис 1.1

З рисунку 1.1 видно, що в режимі руху в умовах транспортного потоку великої щільності переважають екстремальні прискорення (більше 2 м/с^2). Це пояснюється необхідністю вклинюватися в транспортний потік і частим маневруванням задля дотримання графіків руху по маршруту.

Такий режим руху стає причиною збільшеної витрати палива, погіршення екологічних показників, зменшення ресурсу автомобілів і скорочення міжсервісних інтервалів через підвищення навантаження механічних частин трансмісії.

У свою чергу, прискорення в режимі руху після години «пік», характеризується більшою рівномірністю. Це є наслідком вільних умов руху автомобілів.

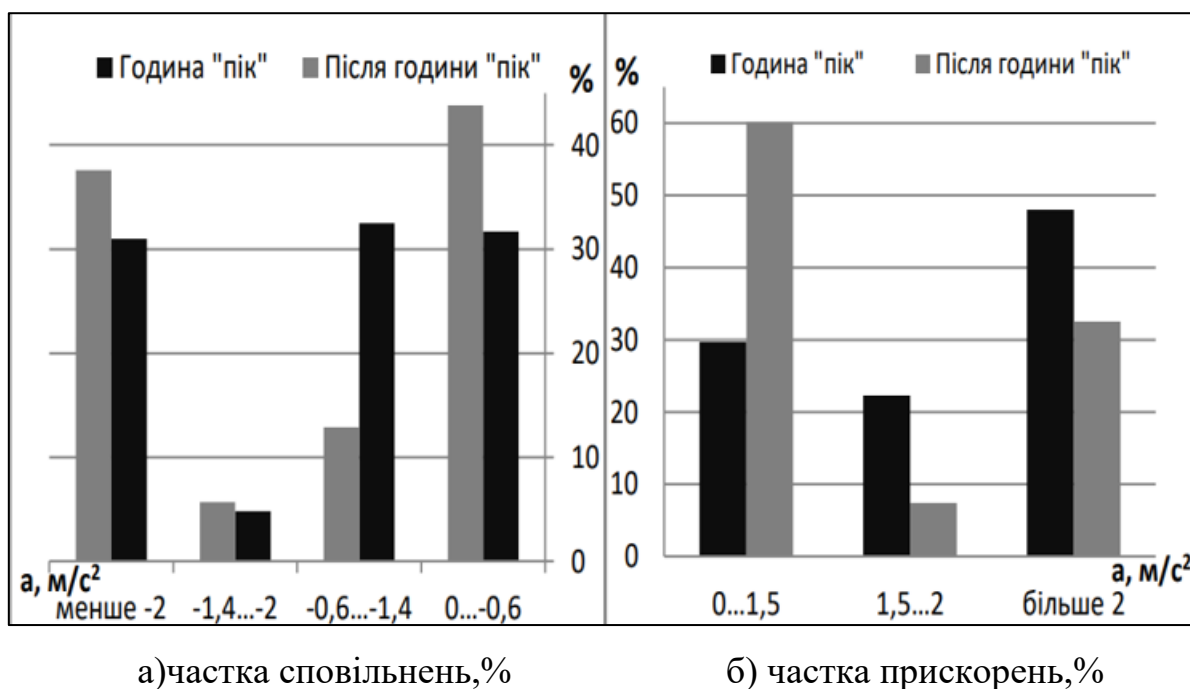


Рис 1.1 Розподіл часток прискорень на ділянці маршруту за інтервалами прискорень (сповільнень) [3]

Аналізуючи рис 1.1 видно, що спостерігається наявність великої частки вільного пробігу ТЗ в умовах руху невеликої щільності. Наряду з цим присутні сповільнення, які сягають більше 2 м/с^2 . Оскільки в досліджуваному ТЗ відсутні способи рекуперативного гальмування, за таких сповільнень погіршується енергоефективність експлуатації. Також підвищується зношування пар тертя в гальмівній системі та трансмісії.

Підвищення ефективності керування транспортним засобом, в тому числі міського громадського транспорту, полягає у підвищенні рівномірності руху відповідно для меншої і більшої щільності транспортного потоку [3]. Задачі подальших досліджень полягають у з'ясуванні факторів впливу на рівномірність руху до регламентованих значень прискорень.

Попередньо серед факторів, за рахунок яких здійснюється вплив на водія з боку ТЗ, варто виокремити такі: – технічні характеристики транспортного засобу; – фактична маса транспортного засобу; – режим і траєкторія руху. Кожен маршрут громадського транспорту має свої особливості, які залежать від його завантаженості, протяжності та від того, в якій частині міста він проходить. Зокрема, з огляду на це, проводиться підбір рухомого складу, що працюватиме на заданому маршруті.

Для ефективної експлуатації транспортних засобів важливим є правильний підбір місткості салону, потужності двигуна та типу трансмісії. Фактична маса МКТЗ залежить від спорядженої маси самого ТЗ та від кількості пасажирів у салоні. Після зупинок, коли було проведено висадку-посадку пасажирів, змінюється завантаженість салону. Це впливає на швидкісні характеристики ТЗ і змушує водія пристосовуватися до них [3].

Аналіз досліджень Саутгемптонського університету показує те, що на поведінку водія впливає багато факторів, серед яких особисті характеристики (настрій, досвід тощо), навколишнє середовище (геометрія дороги, контроль руху тощо) та характеристики транспортного засобу (продуктивність, навантаження) [4]. Професійні водії, такі як водії автобусів, як правило, мають вищий рівень підготовки та досвіду, і в силу своєї професії мають ставлення (настрій), які, швидше за все, сприятимуть більш економічному водінню.

Однак водії автобусів стикаються з тими самими екологічними умовами руху, що й інші водії, а також з додатковими обмеженнями, що накладаються характеристиками транспортного засобу, турботою про комфорт, безпеку пасажирів і необхідністю дотримуватися розкладу.

Це дослідження зосереджено на розумінні відмінностей у поведінці як між водіями автобусів, як під час слідуванню рейсом так і при виїзді із зупинок різних типів. Розуміння таких відмінностей дозволить розробити підходи до зміни поведінки з метою покращення споживання палива. Значну базу даних було зібрано у співпраці з автобусним підрозділом UniLink у Саутгемптоні.

База даних складалася з детальних відомостей про місцезнаходження автобуса, миттєвої швидкості (що відображає поєднання поведінки та керування транспортним засобом), прискорення, положення педалі акселератора (що відображає поведінку водія) та записів про споживання палива. Дані були зібрані за допомогою портативної транспортної системи CANBus (PVCS) у поєднанні з глобальною системою позиціонування (GPS) на 2 автобусах.

У цьому дослідженні була використана передова технологія для встановлення миттєвого керування педаллю акселератора водія, прискорення та витрати палива.

Пристрої, які використовуються в цьому дослідженні, надають методологію для оцінки економії споживання палива за допомогою зміни поведінки прискорення (протягом 10 секунд після виходу з місця зупинки).

Результати цього дослідження показали, що витрата палива автобуса чутлива до рівня прискорення. У досліджуваній ситуації витрата палива збільшилась на 67% при збільшенні прискорення в діапазоні $0,5 \text{ м/с}^2$ до $1,5 \text{ м/с}^2$ при виході зі стаціонарної зупинки [4].

Більше 50 мл пального економиться на кожному прискоренні протягом 10 секунд, покидаючи місце зупинки, якщо водій зменшує швидкість прискорення [4]. Зміна поведінки водіння з агресивного на звичайне водіння або з нормального на економічне дозволяє заощадити понад 20% або 40% споживання палива відповідно. Однак на поведінку автобуса під час водіння вплинули такі фактори, як навколишнє середовище, пасажери на борту та стан дороги, які впливають на здатність автобуса прискорюватися та, отже, впливають на споживання палива [4].

При змішаному розподілі трафіку затори значно збільшують час автобусних поїздок. Навіть невелике збільшення інтенсивності руху може призвести до значного збільшення затримок у русі, що безпосередньо впливає на експлуатаційні витрати автобусів.

У багатьох ситуаціях у міському середовищі водіння водій стримується регулюванням дорожнього руху, перехрестями та заторами, щоб досягти максимально досяжної крейсерської швидкості.

Затримка, спричинена холостим ходом, і сильніше прискорення та уповільнення через необхідну зупинку та рух, яку надає водій, безпосередньо впливають на загальну витрату палива. За рахунок зменшення споживання палива можна досягти значної економії витрат на експлуатацію автобуса

. Організація керування міським транспортом з боку органів влади за допомогою зменшення затримок у русі традиційно є ефективним підходом до вирішення споживання палива. Пріоритет автобусів – це стратегія надання пріоритету автобусам в міському трафіку.

Приклади пріоритету автобусів включають: пріоритет на сигналах світлофора, виділені смуги для автобусів, координацію та адаптивне регулювання тривалості фаз сигналів світлофора, смуги та кордони для автобусних зупинок, а також вулиці для автобусів.

Недавні дослідження показали, що використання інтелектуальної транспортної системи (ITS) разом із пріоритетом автобусів є дуже корисним для підвищення надійності автобусного сполучення для пасажирів та максимізації пасажиромісткості. Крім того, пріоритет автобусів може бути корисним для економії енергії та зменшення впливу автобусів на навколишнє середовище.

Це пов'язано з тим, що можна уникнути прискорення та уповільнення під час фаз руху, пов'язаних із автобусними зупинками, зменшуючи споживання палива автобусом і відповідні викиди. Хоча управління дорожнім рухом і транспортом може бути гарним рішенням для економії палива, воно потребує великих інвестицій, щоб забезпечити всі необхідні автобусні засоби.

Підвищення паливної ефективності автобуса є ще одним рішенням для оптимізації використання палива та, отже, зниження витрат на експлуатацію автобуса. Ефективність використання палива автобуса вимірюється на основі того, яку відстань автобус може проїхати за кожен галон пального [4].

На нього можуть впливати фактори, пов'язані з такими факторами, як транспортний засіб, подорож, погода, дорога та водій. Гібридно-електричні автобуси та автобуси на паливних елементах є прикладами інноваційних технологій, які можуть підвищити паливну ефективність і виробляти менші викиди, ніж звичайні дизельні автобуси.

Для невеликих автобусних компаній покупка нових автобусів може бути не вигідною. Крім того, значні інвестиції в технології можуть зайняти кілька років, щоб покрити витрати, це може вплинути на бюджет автобусного оператора для забезпечення високої якості послуг.

Іншим методом підвищення ефективності використання палива в автобусах є заміна дизельного палива відновлюваними видами палива, такими як біодизель, етанол, електрика, пропан, природний газ і водень.

Удосконалення водіння також може бути реалізовано для покращення паливної ефективності автобусів за допомогою існуючих автобусів, що пропонують мінімальні вимоги для заміни нових технологій.

Зміна поведінки водія є основним рішенням, яке вимагає мінімальних витрат, але може значно сприяти покращенню паливної ефективності [4].

Попередні розділи є прелюдією до гіпотези про те, що існують значні варіації поведінки водія автобуса, які впливають на моделі споживання палива. Стратегії для врахування таких варіацій у поведінці водія можуть бути запроваджені, щоб звести до мінімуму надмірне використання пального, що виникає внаслідок агресивної поведінки водія.

Одним з завдань дослідження Саутгемптонського університету було: порівняти вплив зміни поведінки автобуса під час фази прискорення на споживання палива. Автобуси Mercedes Citaro та Scania OmniCity були обрані як приклад типів автобусів, які експлуатуються у Великобританії.

Профіль їзди та витрат палива тестових автобусів оцінювався за допомогою унікального моніторингового обладнання. Дані були зібрані в районах Саутгемптона, а база даних була зібрана та проаналізована для досягнення вищезазначених цілей дослідження. [4].

Характеристики транспортного засобу є ще одним важливим компонентом, який відіграє важливу роль у водінні. Вага, потужність двигуна та трансмісія впливають на можливості прискорення автобуса (Pelkmans та ін., 2001) [4]. Порівняння прискорення для трьох різних автобусів, проведене в Брюсселі дослідником Пелкмансом, показало, що при швидкості нижче 30 км/год здатність автобуса CNG (на стисненому природньому газі) спалювати збіднену речовину є нижчою, ніж стехіометричний автобус CNG і дизель.

Окрім найнижчої швидкості, через специфічну трансмісію та перемикання передач стехіометричний CNG автобус має нижчі можливості прискорення, ніж інші 2 автобуси.

На рисунку 1.2 показані можливості прискорення між дизельними та CNG автобусами.

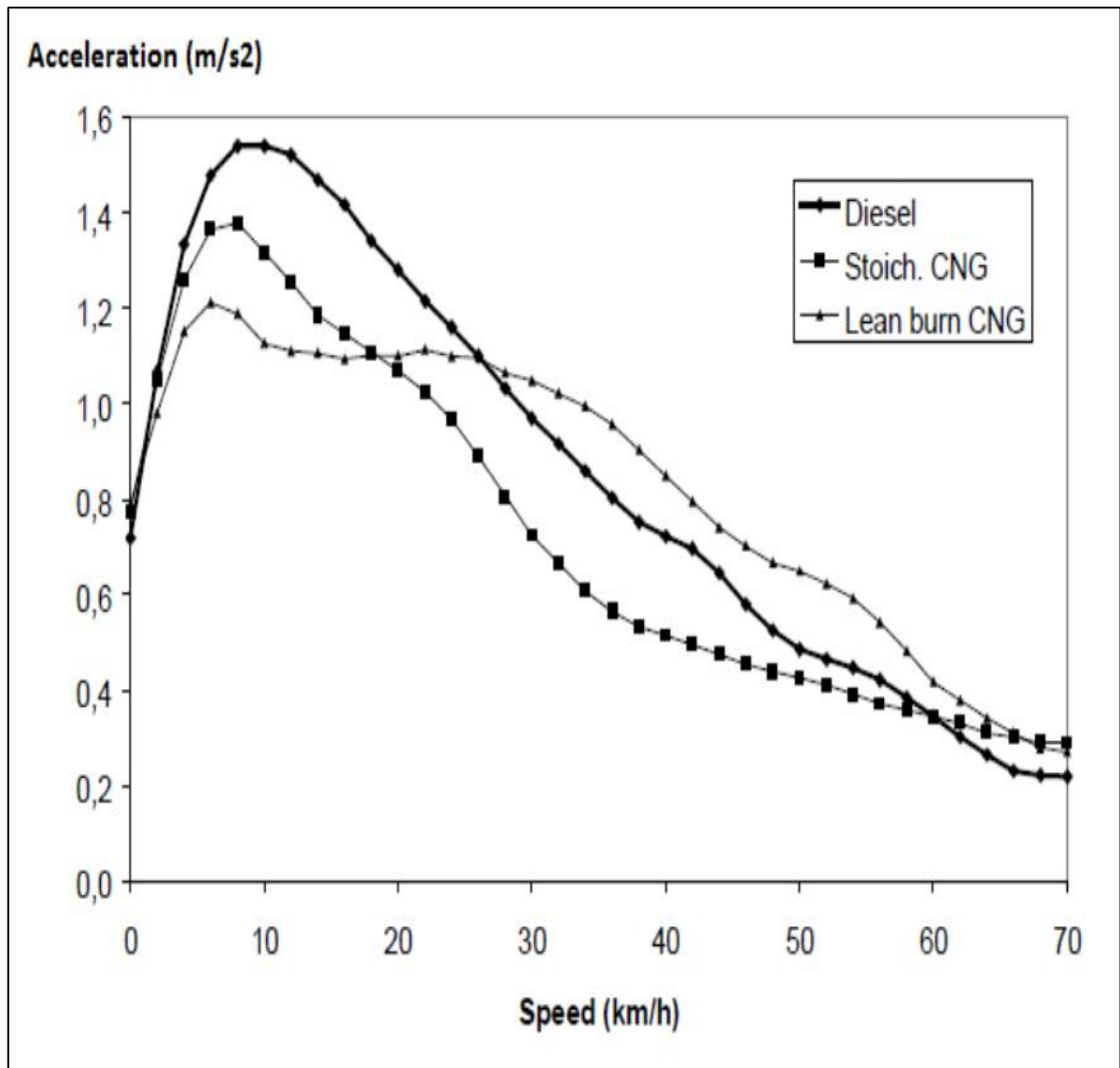


Рис 1.2 Порівняння можливостей прискорення дизельних та CNG автобусів [4]

Параметри, які використовуються для класифікації поведінки водія, змінюються залежно від мети дослідження.

Наприклад, у багатьох випадках, особливо в умовах міського водіння, прискорення та швидкість є найпоширенішими параметрами, що використовуються.

Це підтверджено Ерікссоном (2005), який перевірів, що в реальному світі водіння модель водіння може бути описана багатьма факторами, такими як середня швидкість, середнє прискорення, середнє уповільнення, середня тривалість періоду водіння, кількість змін прискорення уповільнення [4].

DeVliegar (2000) у своєму дослідженні класифікував спокійне, нормальне та агресивне водіння в міських районах на основі середнього позитивного прискорення.

Водій, який їде в діапазоні 0,45 -0,65 – спокійний, 0,65-08 – нормальний, 0,85-1,10 – агресивний [4].

Параіоанноу (2007) вивчав поведінку водія на міському перехресті з сигналом. Він згрупував поведінку водія на консервативну, нормальну та агресивну на основі двох критеріїв [4].

Першим критерієм є наближення швидкості до встановленого обмеження швидкості. Водіїв, які перевищували встановлену швидкість на певний відсоток, вважали агресивними.

Для визначення агресивних водіїв було застосовано певний поріг швидкості. Цей критерій класифікував поведінку водія на агресивну та неагресивну.

Другий критерій базується на рішенні водіїв зупинитися або продовжити рух, коли вони наближаються до перехрестя з сигналом під час жовтого сигналу. Цей другий критерій класифікував поведінку водія на консервативну, нормальну та агресивну.

Водіїв вважали консервативними, якщо вони вирішили зупинитися, хоча вони мають можливість безпечно перетнути перехрестя.

Нормальні та агресивні водії були класифіковані на основі рішення водіїв у зоні дилеми. Звичайні водії – це водії, які вирішили зупинитися, а агресивні водії – ті, які вирішили перетнути перехрестя [4].

Систему подачі палива в дизельному автобусі можна пояснити взаємозв'язком між педаллю акселератора та регулятором двигуна. Педаць акселератора керує положенням регулятора двигуна за допомогою свого .

Регулятор - це пристрій, який контролює швидкість подачі палива в двигун. Він встановлений на кінці насоса паливної форсунки і складається з важеля керування та маховика. Коли педаць акселератора натиснута, важіль керування та маховик переміщують плаваючий важіль усередину, що призводить до впорскування палива в двигун.

Рух плаваючого важеля залежить від руху педалі. Чим сильніше натискається педаць із початкового положення, тим вище піднімається плаваючий рівень. Це може спричинити збільшення витрати палива, що надходить у двигун.

Подібним чином під час фази уповільнення (руху накатом або гальмування) водій може відпустити педаль акселератора у вихідне положення.

Під час цієї фази використання палива може бути зменшено або припинено через переміщення важеля керування, що може перешкоджати впорскуванню палива в двигун.

Вплив експлуатації автобуса на споживання палива включає аспекти, які стосуються поведінки водія.

Такі фактори, як стан дорожнього руху, тип дороги, погода, поведінка водія та тип транспортного засобу, впливають на зміну швидкості та моделі прискорення, що впливає на використання палива.

Дослідник Voort та ін. (2001) припустив, що водіння в умовах високої ефективності двигуна, таких як уникнення високої швидкості, усунення непотрібних гальмувань і швидке перемикавання передач, може оптимізувати економію палива автомобіля[4].

Автор статті, опублікованої компанією Navistar (2008), запропонував поведінку водія автобуса як перший фактор, який слід враховувати при визначенні того, як це впливає на економію палива в автобусі.

У статті повідомляється, що, виходячи з техніки водіння, водій може мати до 30% впливу на економію палива[4].

Це підтверджується попередніми дослідженнями, проведеними Сандбергом (2001) на вантажівках, які описували, як агресивність водіїв під час прискорення та гальмування автомобіля впливає на споживання палива та викиди.

Дослідник зазначив, що те, наскільки сильно водій прискорюється і на яких обертах двигуна перемикаються передачі, може вплинути на витрату палива на 5%[4]. Крім того, Mierlo (2004) підрахував, що споживання палива можна знизити на 5-25% шляхом зміни поведінки водія та стилю водіння [4].

У режимі руху автобуса споживання палива збільшується зі збільшенням швидкості. На малюнку 1.3 показаний зразок графіка споживання палива в залежності від швидкості. Дані взято з дослідження Тонга та Хунга (2000) про двоповерховий автобус.

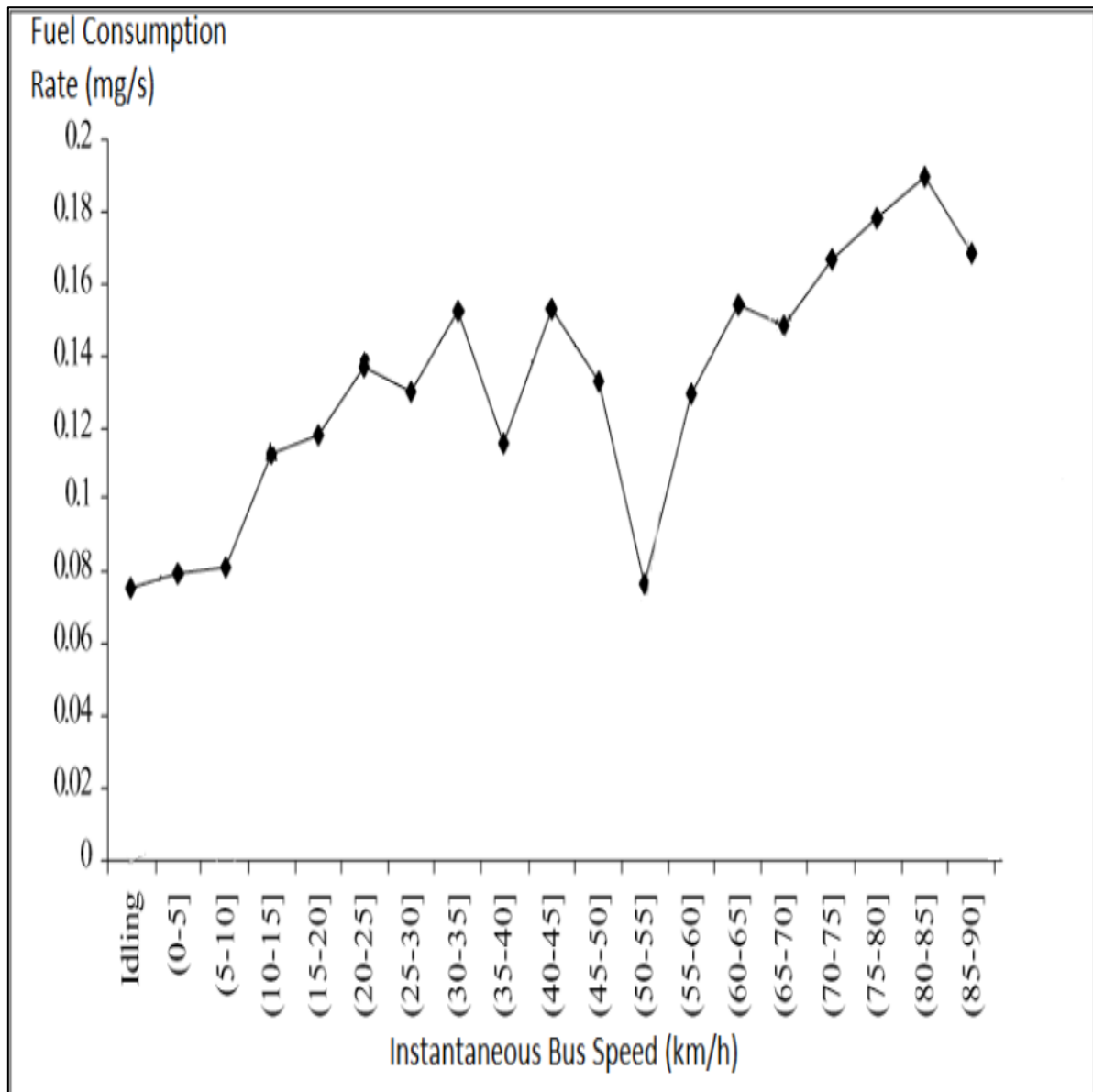


Рис 1.3 Споживання палива двоповерховим автобусом залежно від швидкості, дослідженої Тонгом і Хунг (2000) [4]

На вищій швидкості споживання палива є вищим через те, що автобус потребує більше енергії з палива для генерації достатньої потужності та підтримки роботи двигуна (Tong and Hung, 2000). Подібну тенденцію споживання палива показали дані, зібрані в Саутгемптоні, Великобританія, одноповерховим автобусом Scania Omnicity. Однак швидкість споживання палива залежить від фактора, який стосується навантаження двигуна (ElShawarby et al., 2005). По мірі збільшення навантаження на двигун значно збільшилася витрата палива, рис. 1.4

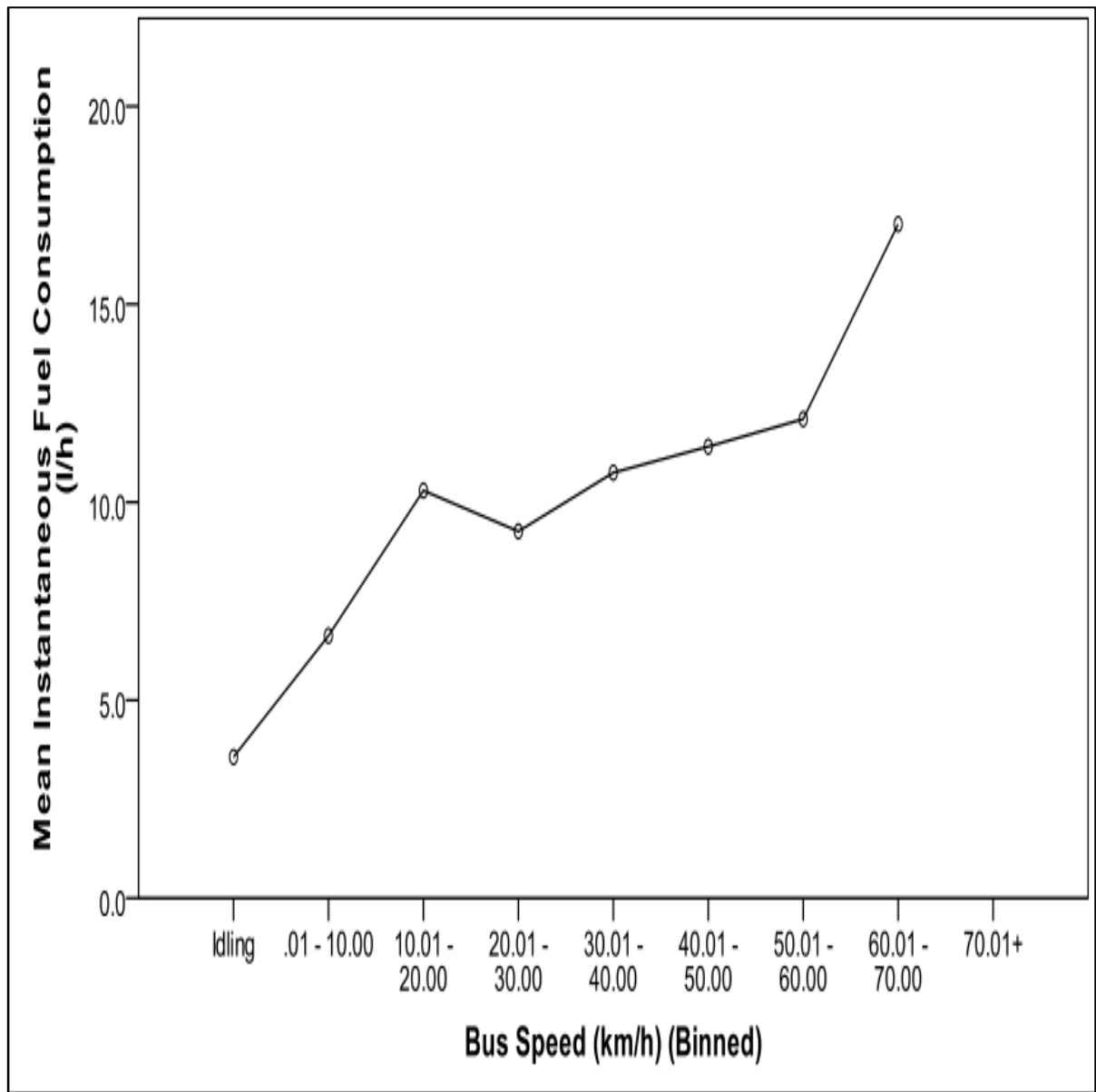


Рисунок 1.4 Споживання палива одноповерховим автобусом залежно від швидкості (дані зібрано в Саутгемптоні, Великобританія) [4]

Дослідник Ан (1998) пояснив, що прискорення впливає на миттєву вихідну потужність двигуна, оскільки транспортному засобу потрібно більше енергії для подолання тертя під час прискорення [4]. Як правило, рівень споживання палива зростає зі збільшенням прискорення (Ahn, 1998). Це можна побачити за допомогою даних, зібраних на автобусі Scania Omnicity, як показано на рисунку 1.5 (негативне прискорення вказує на те, що автобус сповільнюється) та рисунку 1.6

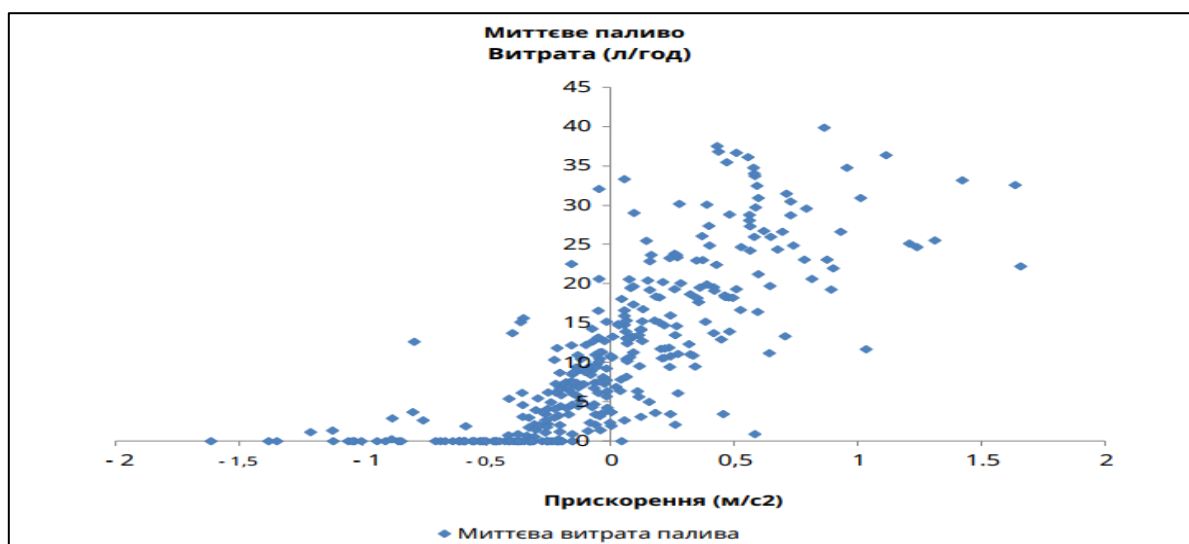


Рис 1.5 Миттєва витрата палива при різному прискоренні

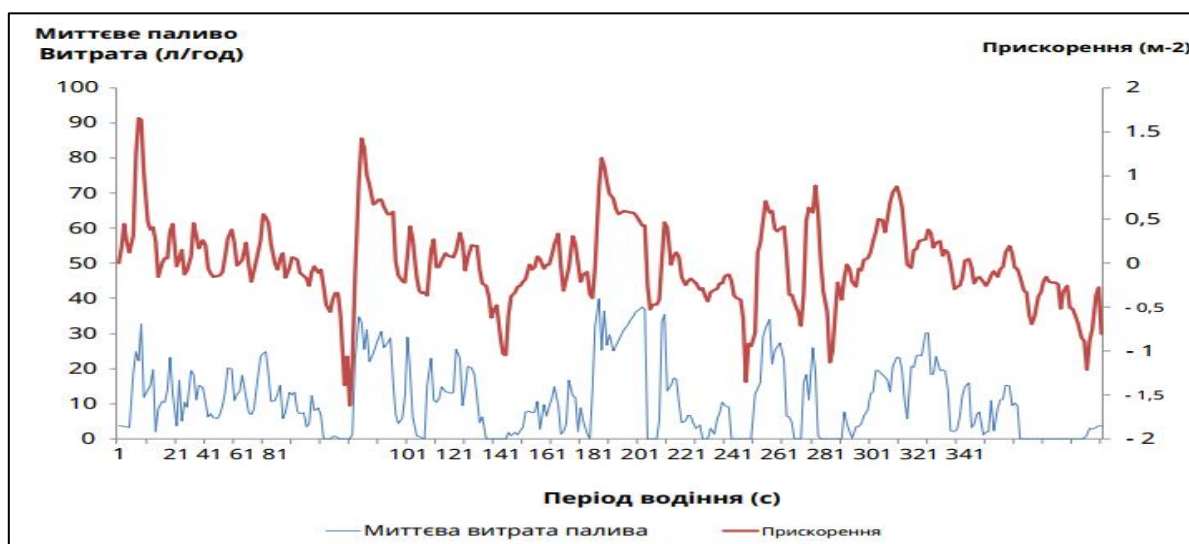
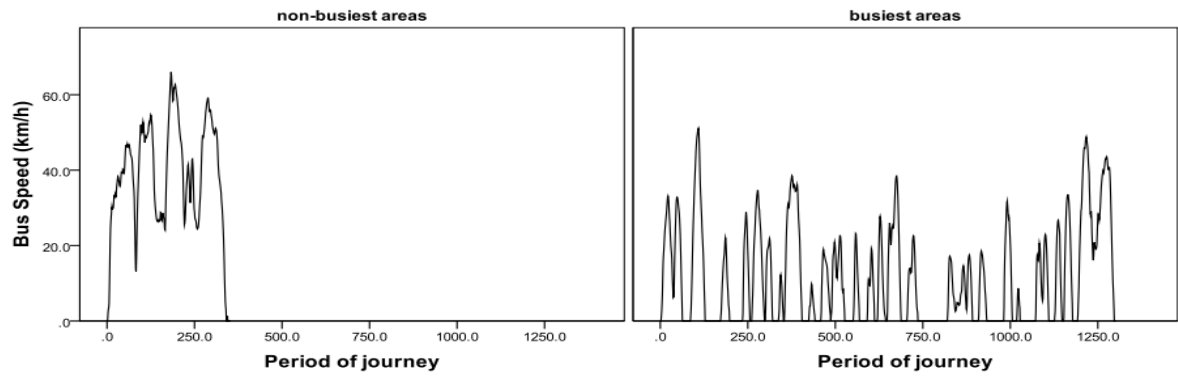


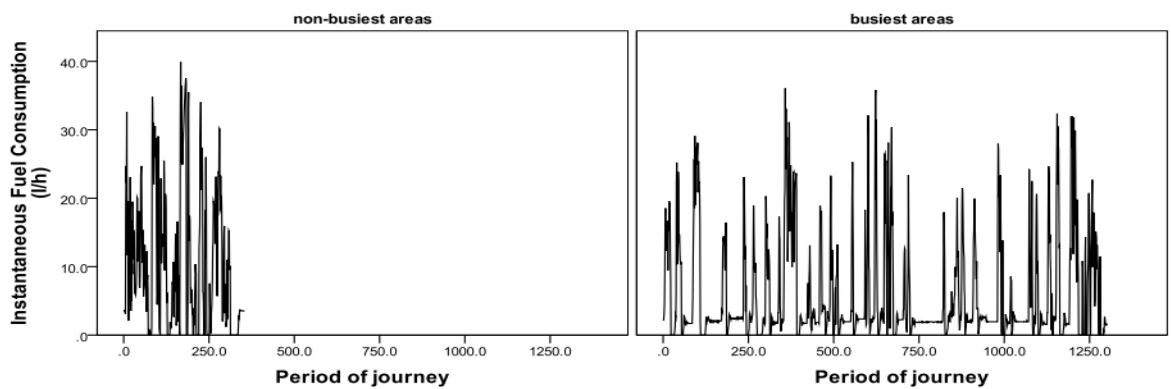
Рис 1.6 Миттєва витрата палива та профіль прискорення

У разі зупинки та руху (наприклад, у заторах на дорозі) періодичне прискорення може стати важливим фактором, який впливає на використання палива. Поєднання агресивного прискорення з тривалістю події прискорення значно впливає на споживання палива для конкретних поїздок (ElShawarby et al., 2005, Jones, 1980). Чим довше водій розганяється, тим більше витрачається палива [4]. На представленому рисунку показано, що профіль миттєвої витрати палива досить узгоджується з профілем прискорення.

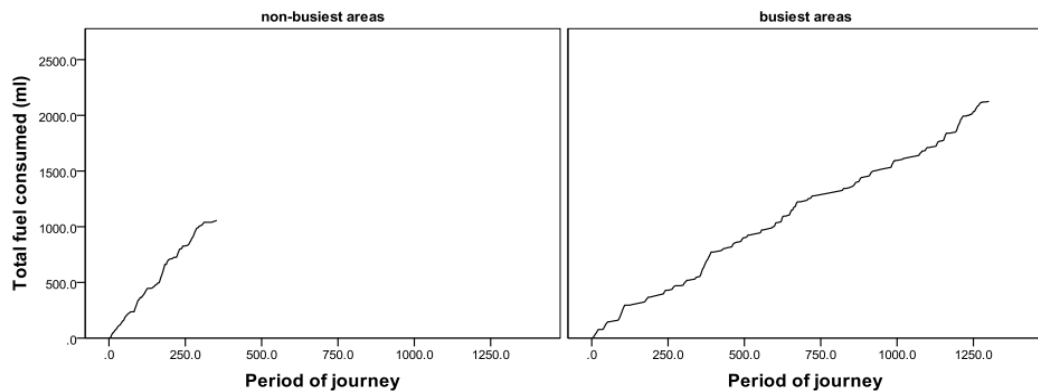
Крім того, швидкість розгону, з якою автомобіль розігнався, суттєво впливає на витрату палива. Особливо це спостерігається, коли водій прискорюється з місця спокою. Дослідники Де Влігер та ін. (2000) припустили, що агресивне водіння може призвести до збільшення витрати пального на 40% залежно від стану дороги та технології автомобіля [4]. Фактори, пов'язані з дорожнім покриттям, включають ухил, геометричний дизайн і шорсткість поверхні. Енергія для подолання інерції під час прискорення та підйому на схилах залежить від ваги автомобіля та вантажу, який він перевозить. Чим більше навантаження на транспортний засіб, тим більше енергії потрібно для здійснення руху. Сендберг (2001), який моделював споживання палива для важких транспортних засобів, підрахував, що важкі вантажівки витрачають 40,5% від загальної енергії під час підйому в гору. Для автобусів, що працюють на дизельному паливі, споживання палива збільшується приблизно на 31% при перемиканні передач 2100 об/хв під час підйому в гору (Ergeneman et al., 1999) [4]. Інший дорожній фактор, наприклад нерівність поверхні, впливає на опір коченню та аеродинамічний опір, що призводить до збільшення витрати палива. Дослідники Plessis et al. (1988) у журнальній статті припустили, що за постійної швидкості на рівних дорогах характеристики поверхні впливають на споживання палива легковими автомобілями на 7% і на 20% для вантажівок і автобусів [4]. Крім того, жорсткість дороги та її пом'якшення значно впливають на опір коченню та збільшують споживання палива Бендтсен (2004). Під час руху по нерівній дорозі через опір коченню паливо може споживатися на 20-30% більше, ніж звичайні показники. Іншим фактором, який впливає на споживання пального, є дорожній рух. Взаємодіючи з інтенсивним рухом інших транспортних засобів, водії автобусів зазвичай не можуть запобігти зупинці та очікуванню в певних місцях, таких як автобусні зупинки та перехрестя. Завдання, пов'язані з зупинкою та їздою, які спричиняють часте прискорення та уповільнення в профілі водіння, впливають на загальне споживання палива. Це можна побачити на рисунку 1.7 (а, в, с), прикладі профілю водіння, який спостерігався на перевіреному автобусі, який рухався незавантаженими та жвавими районами [4].



а) швидкість



б) миттєва витрата палива



с) загальна кількість спожитого палива

Рис.1.7 Швидкість автобуса та витрата палива в незавантажених та завантажених районах [4]

На тій же відстані довший час поїздки автобуса в жвавих районах, очевидно, збільшує загальне споживання палива автобусом. Визначення та правила екологічного водіння досліджували науковцями подані в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Коротке визначення та правила екологічного водіння [4]

Список джерел	Визначення еко-водіння	Правила еководіння
(Ековіл, 2012)	Сучасний і розумний спосіб заощадити паливо та дістатися до місця призначення швидко та, що найголовніше, безпечно	1)Передбачення транспортного потоку. 2)Підтримка постійної швидкості на низьких обертах. 3)Часта перевірка тиску у шинах принаймні раз на місяць і перед поїздкою на високій швидкості. 4)Врахування додаткових витрат на енергію, паливо та гроші.
(Олівер, 2011)	Екодрайвінг – це спосіб водіння, який зменшує споживання палива, викиди парникових газів і кількість аварій	1)Уникнення надто швидкої їзди, дотримання стабільної швидкості; 2)недопускання занадто швидкого розгону; 3)передбачення транспортного потоку, коли відбувається прискорення та сповільнення; 4)перемикання передач раніше, щоб утримувати швидкість двигуна на нижчих обертах; 5)підтримка автомобіля у належному стані.
(Естель, 2011)	Оптимізація економії палива за допомогою корекції поведінки водія	Звичок водіння, яких слід уникати: 1)розгін, а потім різке гальмування;2)потрапити в інтенсивний рух і бути змушеним простоювати. 3) їздити на автозаправні станції та проїжджати в години пік, змушувати двигун працювати на холостому ходу;4)водіння на відкритих просторах, де зустрічний і боковий вітер впливає на витрату палива;5)зберігання непотрібної ваги в автомобілі, створюючи більше навантаження для руху двигуна (що призводить до більшого використання палива).

Дослідження Ecodrive.org (2012) зазначило, що Європа почала більш серйозно створювати програму екологічного водіння в 2001 році. Проект частково фінансується колишньою Європейською програмою енергоефективності (ЕЕЕР). Його координує Австрійське енергетичне агентство (АЕА). Проект був націлений на певні групи водіїв і успішно знизив споживання палива на 5–20% у різних країнах, таких як Німеччина та Швейцарія [4]. Рисунок 1.8 підсумовує відсоток економії палива проекту екологічного водіння, представлений різними дослідниками.

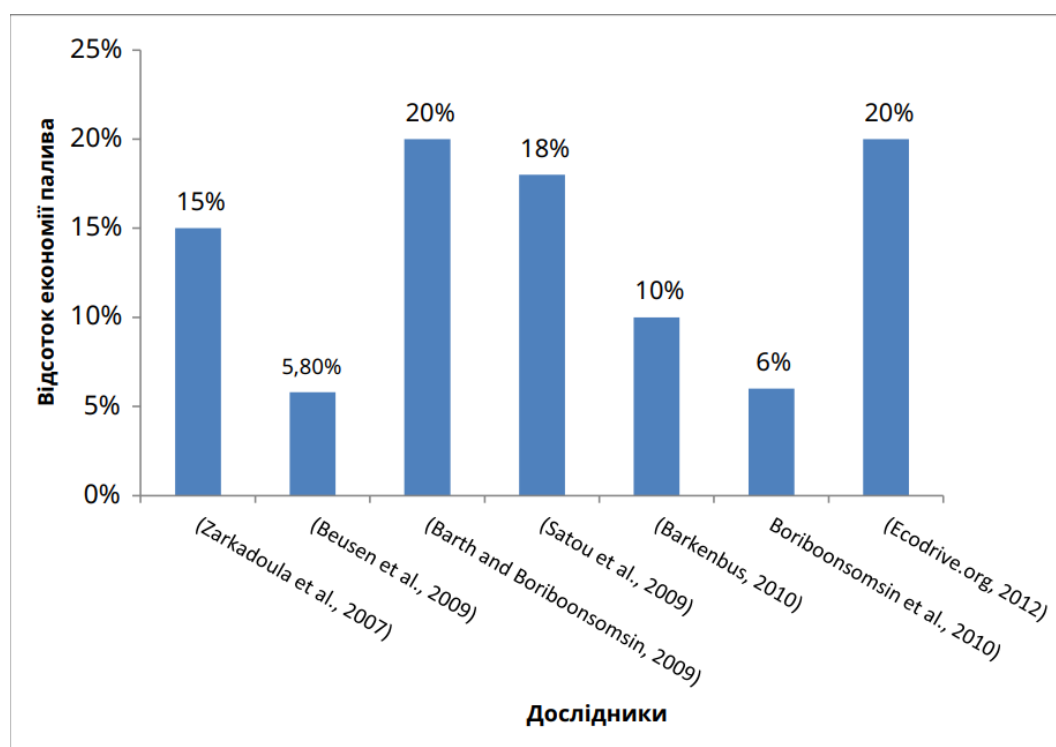


Рис 1.8 Відсоток економії палива за екологічного водіння за попередніми дослідженнями провідних вчених [4].

Foot-LITE — це поточний британський проект з екологічного водіння, який надає водіям відгуки як онлайн, так і офлайн. Проект спрямований на вирішення таких важливих параметрів під час водіння автомобіля, як швидкість двигуна, вибір передачі та положення дросельної заслінки (Fairchild та ін., 2009). У пропонованій системі водій отримуватиме відгуки про водіння, щоб сприяти сприйняттю й утриманню ефективної та безпечної поведінки водія з екологічного водіння.

1.2 Потреба впровадження технологій екологічного водіння в міському громадському транспорті

В умовах сьогодення існують значні виклики, що стоять перед громадським транспортом в Україні точки зору скорочення споживання палива та викидів шкідливих речовин, дотримання безпеки перевезень. Відсутність або недостатній розвиток засобів і методів моніторингу поведінки водіїв, а також висока плинність кадрів створюють значні труднощі в контролі за водіями та транспортними засобами. Проведене дослідження в місті Луцьк дало змогу проаналізувати поведінку водіїв пасажирських автобусів у місті.

Встановлено кореляцію між поведінкою водія та цими динамічними характеристиками: розгону і гальмування. Для вирішення зазначених проблем запропоновано впровадження сучасних рішень, таких як системи допомоги за економного водіння (EDAS) або інтегровані системи, такі як Fleet Control від TRIONA, які можуть допомогти проаналізувати умови експлуатації та зменшити витрату палива і викиди шкідливих речовин [5]. Ці програми також можуть слугувати ефективними інструментами моніторингу як для окремих водіїв, так і для транспортних компаній. Описано ці програми та зроблено огляд досліджень, пов'язаних із їх використанням і розвитком. Крім того, наголошено на важливості навчання водіїв екологічному водінню як ефективного методу підвищення економічності використання палива в транспортних компаніях. Наголошено на необхідності подальших досліджень для повного розуміння складнощів функціонування громадського транспорту в Україні та потенційних переваг впровадження інноваційних технологій для сталого та ефективного майбутнього галузі [5].

Хоча інноваційні методи підвищення ефективності палива розробляються в усьому світі, в Україні вони не отримали широкого розголосу та належного впровадження. Враховуючи значні зміни, які очікуються в країні найближчим часом, необхідно закласти основу для підвищення паливної ефективності громадського транспорту.

Це потрібно робити в рамках розвитку транспорту країни. Використання програм на основі штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання в секторі громадського транспорту може стати важливою сферою для розвитку та досліджень. Останнім часом ці передові технології були предметом інтенсивного дослідження та застосування. Проте, схоже, що цих технологій бракує в галузі громадського транспорту України. Алгоритми машинного навчання (ML) можуть сприяти зменшенню екологічних проблем у громадському транспорті. Аналізуючи дані про використання транспортного засобу та поведінку водія, ця система може надавати рекомендації щодо найбільш економних моделей водіння та визначати області для покращення. Це може допомогти зменшити споживання палива, викиди та експлуатаційні витрати підприємств громадського транспорту, а також підвищити загальну стійкість громадського транспорту [6]. Машинне навчання — це галузь штучного інтелекту, яка передбачає створення алгоритмів і статистичних моделей, які дозволяють комп'ютерним системам навчатися та підвищувати продуктивність на досвіді, не вимагаючи явного програмування. Ці алгоритми використовують вхідні дані для автоматичного визначення шаблонів і зв'язків, які можна використовувати для прогнозування або прийняття рішень. Існують різні типи алгоритмів машинного навчання, наприклад контрольоване навчання, неконтрольоване навчання та навчання з підкріпленням. Ці алгоритми успішно використовуються в різних сферах, включаючи, серед іншого, розпізнавання мови та зображень, обробку природної мови, автономне водіння та прогнозне обслуговування. Застосування алгоритмів машинного навчання в компаніях громадського транспорту може потенційно призвести до підвищення ефективності перевезень, безпеки та економії коштів [6]. Ці системи базуються на «філософії» екологічного водіння. У літературі їх називають DAS/EDAS (Driving Assistance System/Eco-Drive Assistance System). Застосування 2-х камер: камери ADAS та камери DMS дозволяє зчитувати онлайн стан втомлюваності і відволікання водія, оцінювати дорожню обстановку як то з'їзд з полоси, небезпечне наближення до попереду їдучого об'єкта та за допомогою звукових та світлових індикаторів інформувати водія про порушення, що виникають на прикладі рисунку 1.9 та рисунку 1.10



Рис 1.9 Камери ADAS та камери DMS в автомобілях

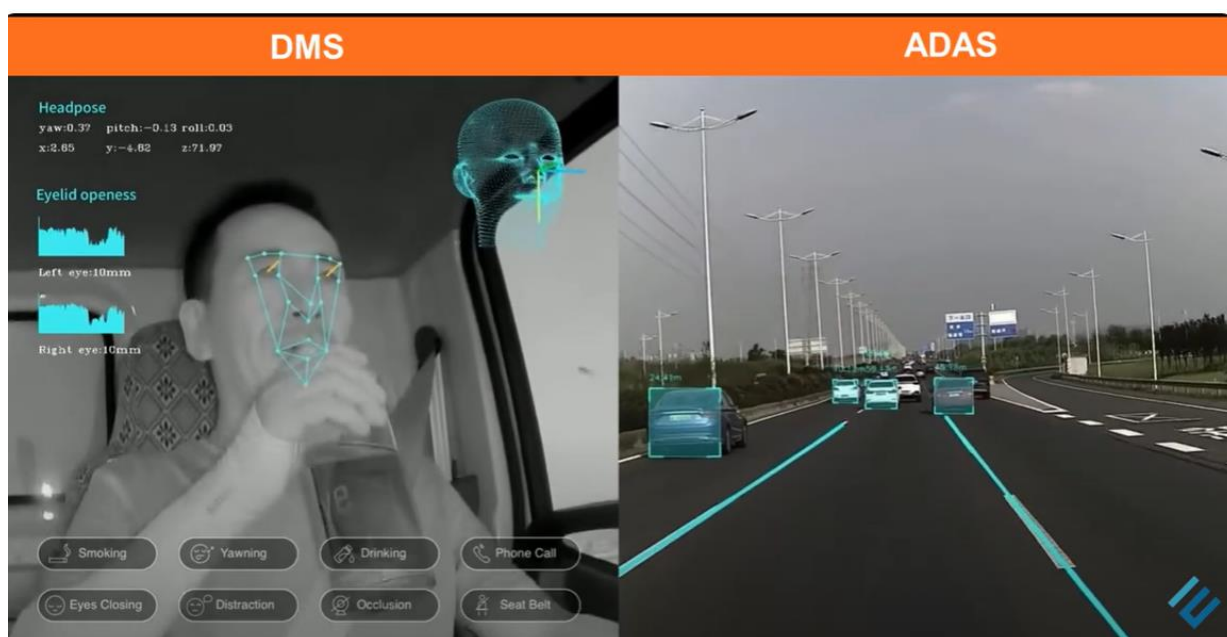


Рис 1.10 Моніторинг втомлюваності та поведінки водія за кермом

На схемі проілюстровано одну з можливих заснованих на правилах теорій екологічного водіння на рис. 1.11



Рис 1.11 Правильна теорія екологічного водіння в основних режимах водіння з ручною коробкою передач [7].

Система Eco-Drive — це інтелектуальний стимулятор водіння, який сприяє безпечнішому та економнішому керуванню.

Система забезпечує унікальну функцію, яка дозволяє регулювати максимальну швидкість, прискорення та оберти на хвилину для кожної передачі, що забезпечує більш плавне та безпечне водіння. Оптимізуючи використання потужності двигуна, система гарантує, що додаткова потужність подається лише тоді, коли це необхідно.

Аналіз поведінки водіння за допомогою системи Eco-Drive спрямований на зниження витрат на паливе та викидів CO₂, одночасно підвищуючи обізнаність водіїв щодо безпеки. Система заохочує впровадження «Еко-стилю водіння», також відомого як економічне водіння, яке допомагає працівникам демонструвати спокійнішу та безпечнішу поведінку на дорозі.

Функція Eco-Drive Connected пропонує повну інформацію про споживання палива, CO₂ викиди та поведінку водія та транспортного засобу.

Система розраховує споживання палива та CO₂ викиди за допомогою аналізу впорскування палива в двигуні, надаючи дані про конкретну поїздку. Система дозволяє визначати тенденції або порушення у споживанні палива та порівнювати паливо та CO₂ показники викидів різних транспортних засобів і водіїв.

Система Eco-Drive пропонує комплексний аналіз стилю водіння, використовуючи комбінацію різних параметрів для створення карти поведінки кожного водія. Аналіз включає такі параметри, як поведінка на поворотах і гальмуванні, рухи педалі акселератора, рух накатом, перемикання передач, швидкість прискорення, середня швидкість руху, (попередній) холостий хід і дотримання обмежень швидкості.

Система надає детальний огляд того, наскільки точно водії дотримуються максимальних обмежень швидкості на кожній ділянці дороги. Крім того, система може ідентифікувати та повідомляти про будь-які випадки невідповідної поведінки під час поїздок, і ці інциденти точно проєктуються на дорожню карту для кожної поїздки. Це дозволяє відстежувати фактичну поведінку кожного водія.

Відповідно до дослідження, проведеного ROBERT AKENA , навчання водіїв економному режиму водіння є ефективним і рентабельним способом підвищення ефективності палива в автомобілях.

Дослідження підкреслює, що порівняно з іншими методами підвищення ефективності палива, навчання водіїв виявляється найвигіднішим з точки зору капіталовкладень і прибутку.

Отже, інвестування в програми навчання водіїв, орієнтовані на економічний спосіб водіння, може принести значні переваги для навколишнього середовища та фінансової стабільності транспортної компанії. [6].

Іншим прикладом може бути компанія Scania, яка розробила систему допомоги водієві під назвою Scania Driver Support (SDS).

Вона спрямована на зниження витрати палива шляхом оптимізації поведінки водія. SDS використовує дані різних датчиків автомобіля для аналізу поведінки водія, забезпечуючи зворотній зв'язок у реальному часі та вказівки щодо ефективнішого водіння.

Система враховує різні фактори, такі як швидкість, прискорення, вибір передачі та дорожні умови, щоб надати водієві рекомендації щодо оптимізації споживання палива. Покращуючи поведінку водія, SDS значно зменшує споживання палива та знижує загальні експлуатаційні витрати.

Після проведення масштабного моделювання та дорожніх випробувань виробничий код для цільового ECU був створений за допомогою вбудованого кодера. Блок ECU був встановлений у вантажівках Scania R-серії, і перші тести показали, що водії, які використовують цю систему, зменшили споживання палива на 11 %.

Система підтримки водіїв Scania отримала високу оцінку, і нагорода «Міжнародна вантажівка року» визнала її інноваційним інструментом навчання, здатним постійно та проактивно оцінювати водіїв на дорозі [7].

Яскравою ілюстрацією інтегрованої системи є система Fleet Control, запропонована Triona, яка вирішує складні завдання збору та аналізу даних про роботу автопарку для врахування ефективності транспортного підприємства.

Крім того, ця система використовує ті самі дані, щоб надавати поради та зворотний зв'язок водіям у режимі реального часу під час експлуатації автомобіля [9].

Ця інтегрована система призначена для збору різних точок даних, включаючи поведінку водія, характеристики автомобіля, умови маршруту, інформацію про дорожній рух та інші важливі параметри.

Потім зібрані дані аналізуються, щоб оптимізувати продуктивність автомобіля, зменшити споживання палива та мінімізувати витрати на технічне обслуговування.

Крім того, Fleet Control надає водіям дієві поради та коментарі, такі як пропозиції щодо коригування швидкості або маршруту, щоб уникнути заторів, покращити поведінку водіїв і, зрештою, підвищити ефективність автопарку.

Загалом система Fleet Control представляє інноваційний підхід до управління автопарком, який використовує аналіз даних і зворотний зв'язок у реальному часі для оптимізації продуктивності автопарку та зниження експлуатаційних витрат.

Підсумовуючи сказане, дослідники широко досліджували кореляцію між витратою палива та конкретними робочими параметрами, такими як поведінка водіння.

Було продемонстровано, що підвищення кваліфікації та культури водіїв є найефективнішим способом покращити паливну ефективність. Це позитивно впливає на капіталовкладення компанії.

Однак цей метод стає менш ефективним, коли в транспортній компанії переважає висока плинність водіїв, з якою стикаються багато українських транспортних компаній.

Системи на основі ML, засновані на філософії екологічного водіння, як доповнення або альтернатива навчанню водіїв, є потенційним рішенням проблеми економії палива.

Ці системи покладаються на добре розроблені алгоритми, які постійно вивчаються, розвиваються та вдосконалюються сучасною наукою.

На відміну від навчання водіїв, ці програми пов'язані з автомобілем і з часом можуть адаптуватися до характеристик різних водіїв. Якість алгоритму впливає на швидкість цієї адаптації.

«Еко-водіння» було описано як одна з програм збереження, яка може бути дуже економічно ефективною.

Різноманітні поради, як-от перемикання на вищу передачу якнайшвидше, дотримання стабільної швидкості, передбачення транспортного потоку, плавне прискорення та уповільнення, утримання автомобіля та його належне обслуговування через поради щодо екологічного водіння, спрямовані на мінімізацію споживання палива під час водіння. (Boriboonsomsin та ін., 2010).

Багато проектів екологічного водіння, які проводяться на сьогодні, зосереджені на наданні порад щодо екологічного водіння шляхом навчання водіїв.

Наприклад, CIVITAS (2012), автобусна компанія в Таллінні, проводить навчання екологічного водіння для своїх водіїв.

Автобусна компанія розглядає еко-водіння як елемент для вирішення таких проблем, як забруднення, шум, викиди, а також для підвищення рівня задоволення пасажирів компанії комфортом і безпекою.

В Австралії пілотне дослідження, проведене Роузом і Сіммонсом (2008), показало, що водії важких автобусів, які пройшли повну підготовку з екологічного водіння, споживають значно менше палива, ніж водії, які не пройшли навчання.

Інші методи, що застосовуються для моніторингу екологічного водіння, - це застосування спеціального пристрою.

Наприклад, Voriboonsomsin та ін. (2010) виявили, що бортовий пристрій екологічного водіння покращив поведінку водія.

Використання пристрою полягає в тому, щоб зробити доступним для водія миттєву витрату палива в режимі реального часу в результаті поведінки водіння. Дані про паливо скеровують водія до більш економного водіння.

В результаті середня економія палива покращується на 6% на міських вулицях і на 1% на шосе.

Stagessoach — автобусна компанія у Великій Британії, яка інвестувала багато мільйонів фунтів стерлінгів у технології екологічного водіння (Postlethwaite, 2012). Інвестиції включають встановлення системи Green Road у 6500 автобусів у Шотландії, Англії та Уельсі. Метою схеми є зменшення споживання палива та рівня аварій на 4%.

Використана система Green Road — це бортова система, яка надає водієві зворотний зв'язок у режимі реального часу щодо його стилю водіння. Надана інформація включає швидкість, гальмування, прискорення, керування смугою руху та поворот.

На додаток до системи, Stagessoach також є однією з перших британських автобусних компаній, які застосовують нове рішення Green Road щодо холостого ходу двигуна.

Ця нова система здатна відстежувати конкретні поїздки шляхом виявлення непотрібного холостого ходу на основі погоджених порогів.

1.3 Режими руху громадського транспорту під час виконання рейсів

В Україні моніторинг поведінки та стану водіїв під час керування транспортними засобами є складним через відсутність розроблених методів та засобів, а також через високу плинність водіїв, що призводить до дефіциту висококваліфікованих кадрів; наслідки цих проблем можна проілюструвати, дослідивши моделі водіння автобусів в Луцьку, адміністративному центрі Волинської області. Було проведено дослідження для визначення конкретних режимів руху пасажирських автобусів у місті, поданих на рис. 1.12

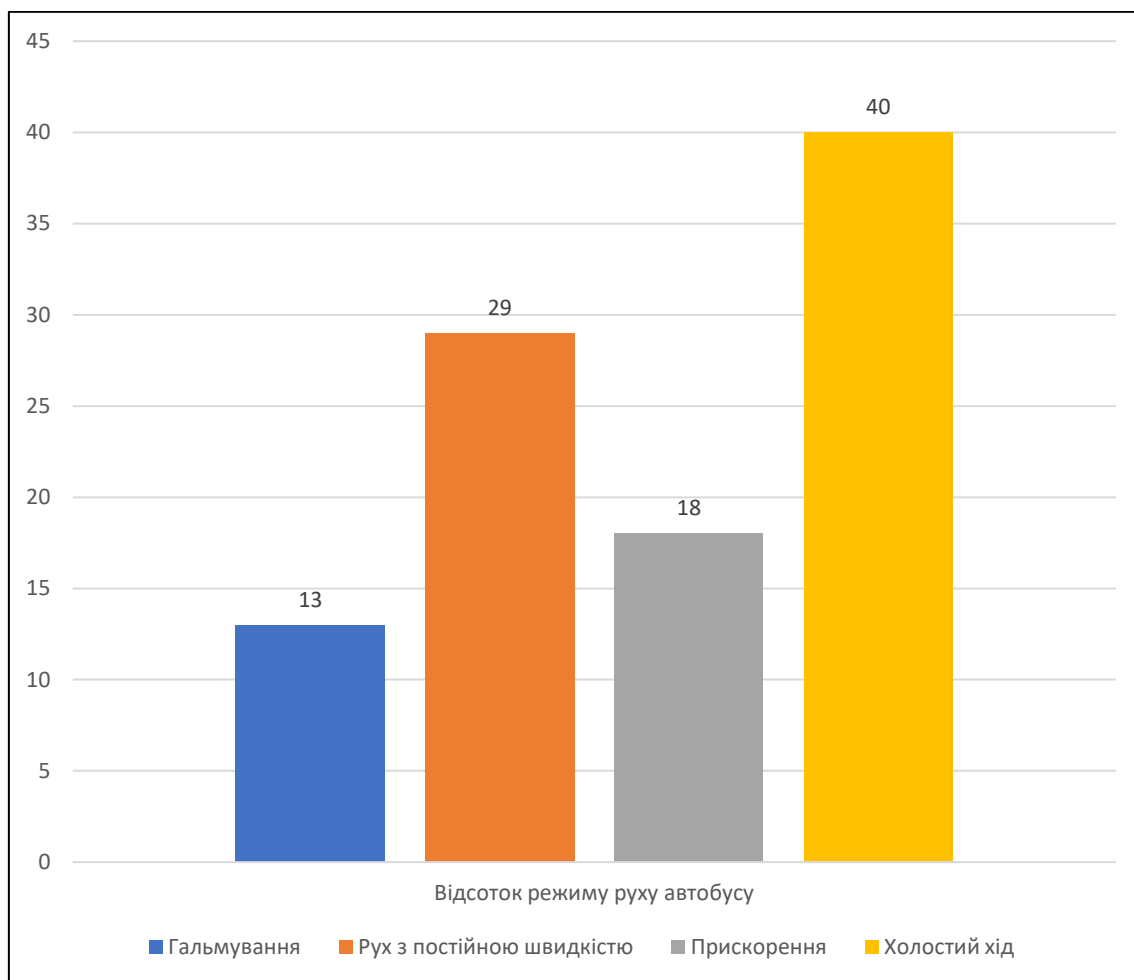


Рис 1.12 Імовірність перебування транспортного засобу у режимі руху,% [5]

Результати показали, що типовими режимами водіння є холостий хід (40%), прискорення (18%), рух з постійною швидкістю (29%) та гальмування (13%) . Дослідження також виявило середні значення прискорень і гальмувань, і ці результати не відповідають вимогам економного водіння в порівнянні з аналогічними дослідженнями в Сеулі Корея [5], рис 1.13

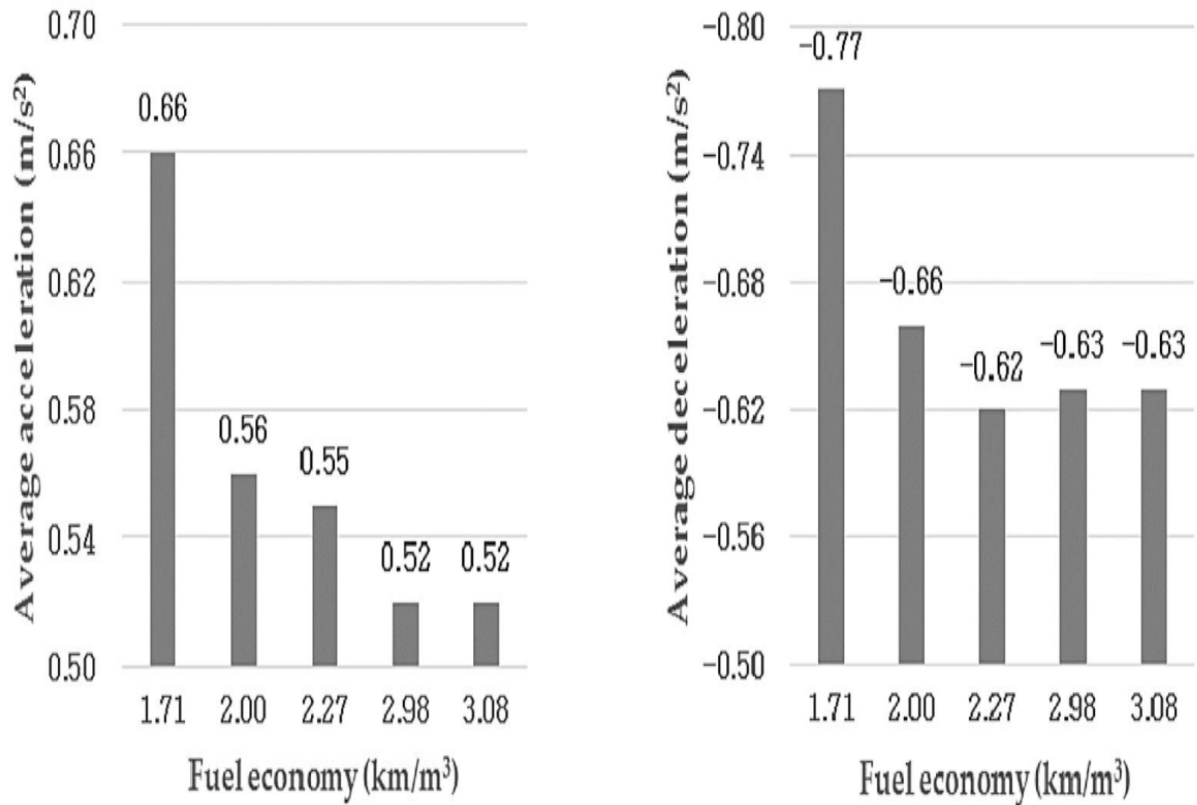


Рис 1.13 Оптимальні режими прискорень автобусів для економії палива в Сеулі
 При дослідженні руху автобусів у м. Луцьк наступним етапом моделювання їздового циклу є визначення середніх прискорень (сповільнень).

Скориставшись залежністю зміни швидкості до зміни часу визначено значення прискорення (сповільнення) для перехідних режимів руху транспортного засобу.

Дані показники вимірювань прискорень були розраховані для автобусів Богдан моделі A09202. Вибір цієї моделі обумовлений тим фактором, що у м. Луцьк на міських маршрутах експлуатувалась більше 70% на момент проведення дослідження 2018 року.

Розраховані значення прискорення автобуса, для найбільш характерних режимів руху, становлять:

- середнє прискорення в режимі розгону автомобіля в діапазоні 0...25 км/год рівне 1,4...1,6 м/с² ;

- середнє прискорення в режимі розгону автомобіля в діапазоні 25...40 км/год рівне 0,8...1,0 м/с² ;

- середнє сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 25...30 км/год, рівне 1,2...1,6 м/с² ;

- середнє сповільнення автомобіля зі швидкості 45 км/год до швидкості 20 км/год рівне 1,0...1,4 м/с²

Середня робоча швидкість громадського транспорту в місті залежно від району міста коливалася від 20 км/год до 11,4 км/год.

Показники прискорень є інформативними для подальшого проставлення параметрів системи ECO DRIVING з вказанням допустимих прискорень при розгоні та сповільнень при гальмуванні. У цьому дослідженні слід звернути увагу на значення прискорень при розгоні та гальмуванні.

Згідно з результатами дослідження, ці операції становлять 31 % від загального обсягу, що характерно для роботи громадського транспорту в міському циклі.

Це важливо, оскільки на ці операції витрачається велика кількість енергії, необхідної для їх виконання. При правильному підході водій може зберегти баланс, щоб витрати енергії були раціональними.

Допомогти у вивченні цього питання може впровадження сучасних рішень, таких як EDAS або Fleet Control від TRIONA.

Крім того, ці програми можуть служити ефективними інструментами моніторингу для окремих водіїв і транспортних компаній, залежно від рівня впровадження.

Впроваджуючи такі інноваційні технології, сектор громадського транспорту України може вирішити наступні завдання:

- отримати вичерпні дані щодо використання транспортного засобу водієм (контроль якості водіння, визначення професійної придатності водія, виявлення систематичних порушень норм експлуатації, більш точний розрахунок режимів технічного обслуговування, зміни в експлуатації транспортного засобу із зазначенням можливих помилок;

- вивчати умови експлуатації та цикли водіння з більшою точністю (може допомогти у розробці нових або коригуванні існуючих маршрутів, накопиченні даних, які можуть бути використані для досліджень у цій галузі);
- допомогти підприємствам створити більш кваліфікований колектив водіїв в умовах високої плинності кадрів, коли класичний метод навчання неефективний;
- більш точно визначити експлуатаційну витрату палива.

Завданням, яке можна досягти шляхом впровадження цих систем у громадському транспорті в Україні, є надання можливості виявити прогалини у функціонуванні транспорту у сполученні водій-автомобіль-дорога, що, у свою чергу, може відкрити потенціал для вдосконалення.

Національні компанії з перевезень все частіше стикаються з викликом щодо залучення кваліфікованих водіїв з належним досвідом та подальшого професійного росту вже найнятих водіїв.

Різноманітні завдання з перевезень, різноманітні типи вантажів та дорожні умови вимагають відповідно різних технік водіння, отже зараз це видається дуже важливим продемонструвати сучасним автоводіям найсучасніші прийоми водіння транспортним засобом, які дозволять керувати вантажівками різних типів та різного віку, тож від них вимагається засвоїти різні стилі водіння.

Експерти вважають, що засвоївши правильний стиль водіння перевізники можуть значно скоротити додаткові витрати, пов'язані з неналежним використанням транспортних засобів, знизити витрати палива на 5-12%, продовжити термін експлуатації вантажівок, на яких вони працюють.

Застосування системи економного водіння допомагає також скоротити витрати на технічне обслуговування транспортного засобу в середньому на 15-20%.

Рішення з аналізу стилю водіння забезпечує компаніям перевізників детальну оцінку основних факторів, які характеризують стиль водіння своїх співробітників: положення педалі акселератора, круїз-контроль (Tempomat) та використання ретардери, кількість і тривалість інтенсивного натискання на гальма, вибір обертової швидкості, розподіл крутного моменту та інерція власної ваги.

Система дозволяє перевізникам отримувати актуальну інформацію про те, в якій галузі навичок водій потребує додаткового навчання.

Водночас керівництво компанії може відстежувати професійне зростання водіїв і контролювати результати навчального процесу.

Проблема оцінки технічного рівня або вибір рухомого складу з метою забезпечення експлуатаційної ефективності автобусів розглядається з позиції системного підходу. Такий підхід потребує кількісної та якісної оцінки головних параметрів, що впливають на оцінку технічного рівня з урахуванням фактичних параметрів конструкції автобусів.

Технічний рівень та якість цих транспортних засобів визначаються сукупністю властивостей, що характеризують здатність задовольняти потребу відповідно до їх призначення.

На що слід звернути увагу в першу чергу, це $V_{\max}$ максимальна швидкість, V_T технічна швидкість, прискорення a та потужність двигуна автобусів N , що курсуватимуть містом.

Під час дослідження транспортного потоку за допомогою муніципальних камер вуличного спостереження на усіх перехрестях основної магістралі вул. Київської в місті Житомир в напрямку від автовокзалу до центра міста за одну годину (з 7-00 до 8-00) було зафіксовано 72 одиниць транспорту, з яких 245 одиниць міського пасажирського транспорту [11].

У результаті дослідження встановлено, що середня технічна швидкість (табл.1.2) в правій смузі дорожнього руху складає 12,6-13 км/год., що спричинено автомобілями, що припарковані в смузі руху, і скупченням на зупинках маршрутних транспортних засобів (одночасно більше трьох транспортних засобів на зупинці), та 14,3–15 км/год. в лівій смузі.

Прискорення міського пасажирського автомобільного транспорту за даними досліджень зведено у таблиці 1.3.

Для порівняння наведено показники руху маршрутних ТЗ на менш завантаженій вул. Чуднівській м. Житомира таблиця 1.2. [11]

Таблиця 1.2

Порівняльна таблиця середніх технічних швидкостей маршрутних ТЗ за смугами руху на вулицях Житомира

Вулиця	Швидкість транспорту, ліва смуга км/год.	Швидкість транспорту, права смуга, км/год.
вул. Київська	14,3–15	12,6–13
вул. Черняхівського	17,12–18,5	15,7–16,2

Для визначення середньої швидкості руху використовують статистичні методи, що дозволяють з достатньою точністю визначати середню швидкість і вирішувати питання доцільності вибору рухомого складу для перевезень пасажирів у типових дорожніх умовах. Дані (табл. 1.3) були зняті з використанням системи GPS-моніторингу пасажирського транспорту за допомогою трекерів, встановлених на автомобільних транспортних засобах.

Таблиця 1.3

Прискорення маршрутного транспорту по вул. Київській в м. Житомир

Марка авто	Двигун	Прискорення, м/с ²		
		заводське	середнє	мінімальне
Рута-25	УМЗ-4216	0,71	0,68	0,42
	УМЗ-4216 метан		0,6	0,38
	Cummins	0,78	0,72	0,46
I-VAN	TATA	0,72	0,64	0,44
Богдан А-092	ISUZU	0,69	0,67	0,39

Отримані візуальним та табличним методами характеристики дорожнього руху можна попередньо використати для планування пасажирських перевезень по усіх магістральних вулицях міста, вибору техніко-експлуатаційних параметрів рухомого складу та організації дорожнього руху.

1.4 Висновки до розділу 1

Дослідження літературних джерел показує, що наприклад, дослідник DeVliegar (2000) у своєму дослідженні класифікував спокійне, нормальне та агресивне водіння в міських районах на основі середнього позитивного прискорення. Водій, який їде в діапазоні 0,45 -0,65 – спокійний, 0,65-08 – нормальний, 0,85-1,10 – агресивний [4].

Результати досліджень в м. Луцьк показали, що типовими режимами водіння автобусів є холостий хід (40%), прискорення (18%), рух з постійною швидкістю (29%) та гальмування (13%) .

Дослідження також виявило середні значення прискорень і гальмувань, і ці результати не відповідають вимогам економного водіння в порівнянні з аналогічними дослідженнями в Сеулі Корея, де автобуси рухаються по маршрутах в середньому з прискореннями 0,53-0,56 м/с²[5]

Розраховані значення прискорення автобуса, для найбільш характерних режимів руху згідно досліджень контрольних заїздів автобусів у м. Луцьк становлять середнє прискорення в режимі розгону автомобіля в діапазоні 0...25 км/год рівне 1,4...1,6 м/с²; середнє прискорення в режимі розгону автомобіля в діапазоні 25...40 км/год рівне 0,8...1,0 м/с²; середнє сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 25...30 км/год, рівне 1,2...1,6 м/с²; середнє сповільнення автомобіля зі швидкості 45 км/год до швидкості 20 км/год рівне 1,0...1,4 м/с² [5].

Дослідження прискорень маршрутних транспортних засобів у м. Житомир показали, що для автобусів Рута-25, I-VAN, Богдан А-092 середні прискорення перебувають у межах 0,6-0,72 м/с² [11].

Кожен маршрут громадського транспорту має свої особливості, які залежать від його завантаженості, протяжності та від того, в якій частині міста він проходить.

Так, аналітика прискорень показує, що різкими є прискорення від 0,9 до 0,11 g, де g – прискорення рівне 9,8 м/с². Прискорення, які є небезпечними лежать в межах від 0,11 g. Прискорення вищі за 0,11g є такими, що призводять збільшеної витрати палива. Показники прискорень є інформативними для подальшого проставлення параметрів в систему ECO-DRIVING з вказанням допустимих прискорень при розгоні та входженні в поворот.

Згідно з результатами дослідження, операції з прискорення та гальмування становлять 31 % від загального обсягу, що характерно для роботи громадського транспорту в міському циклі.

Це важливо, оскільки на ці операції витрачається велика кількість енергії, необхідної для їх виконання.

При правильному підході водій може зберегти баланс, щоб витрати енергії були раціональними. Допомогти у вивченні цього питання може впровадження сучасних рішень, таких як EDAS або Fleet Control від TRIONA.

Крім того, ці програми можуть служити ефективними інструментами моніторингу для окремих водіїв і транспортних компаній, залежно від рівня впровадження.

Різноманітні поради, як-от перемикання на вищу передачу якнайшвидше, дотримання стабільної швидкості, передбачення транспортного потоку, плавне прискорення та уповільнення, утримання автомобіля та його належне обслуговування через поради щодо екологічного водіння, спрямовані на мінімізацію споживання палива під час водіння.

Дослідники у своїх працях виявили, що з впровадженням системи ECO-DRIVING можна досягти економії пального від 5 до 20 % [4].

Дослідження стилю водіння може бути застосовано при цьому як онлайн (бортові асистенти) так і офлайн (підключення до програмного забезпечення та робота з водієм по покращенню показників водіння після виконання рейсу).

На поведінку водіння впливають різноманітні фактори, на які в основному впливають люди, навколишнє середовище та транспортний засіб. Людський фактор базується на індивідуальних відмінностях, демографічному факторі, розумових і фізичних навантаженнях.

Ці фактори в основному контролюють здатність водія автобуса керувати автомобілем.

Наявність перешкод навколишнього середовища, а також фактор транспортного засобу в задачі водіння є додатковим фактором, який впливає на поведінку водія.

Стан дороги та дорожнього руху впливає на швидкість та прискорення водія автобуса.

У міських районах часті зупинки викликають вищий середній показник прискорення.

Різке прискорення та раптова зупинка можуть знизити комфорт пасажирів на борту та водночас піддати пасажирів ризик аварії.

Різкі прискорення при русі міського автобуса відбуваються на етапі виходу автобуса з нерухомого положення. У цей період автобус споживає більше палива через збільшення навантаження на двигун.

У міських районах у літературі існують дослідження щодо прискорення та реакції водія на швидкість з регулюванням дорожнього руху, наприклад на світлофорі та кільцевому перехресті.

Розуміння такої поведінки має важливе значення для покращення загального автобусного обслуговування та споживання палива.

Швидкість, прискорення, уповільнення та холостий хід є факторами, які впливають на загальну вартість експлуатації автобуса через споживання палива.

Незважаючи на те, що сучасні технології можуть підвищити ефективність використання палива автобуса, зміна поведінки водія є ефективним методом зменшення споживання палива.

Приладом, який дозволяє вимірювати прискорення є GPS-трекер. Дані про отримані прискорення він має можливість відправляти в програмне забезпечення для подальшої обробки.

Оскільки основними показниками для оцінювання якості водіння є показники прискорення тому варто детальніше дослідити теоретичні аспекти в дослідженні вимірювань прискорень.

Дослідження літературних джерел показують, що параметри прискорень для різних умов експлуатації в різних містах є різними.

Тому необхідне проведення подальшого дослідження параметрів допустимих прискорень в м. Житомир при здійсненні міських пасажирських перевезень.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДІННЯ

2.1 Залежності при вимірюванні прискорень автомобілів

Контроль якості водіння необхідний, щоб визначити, які водії допомагають своїй компанії скоротити витрати, а які використовують транспортний засіб до межі. За допомогою цього інструменту диспетчер може побачити оцінку якості водіння підзвітного транспортного засобу за будь-який проміжок часу і за кожну поїздку окремо. Будуть наведені теоретичні основи та практичні рекомендації, які важливі для налаштування контролю якості водіння.

Ключовою характеристикою, яка допомагає визначити якість водіння, є прискорення. Ця фізична величина не здається інтуїтивно зрозумілою, тому в рамках тренування її можна порівняти з більш зрозумілою величиною, швидкістю.

Швидкість характеризує зміну положення за певний проміжок часу:

$$v = S / \Delta t, \quad (2.1)$$

де v - швидкість, S - відстань, пройдена за розглянутий проміжок часу (можна сказати, що це різниця між пробігом транспортного засобу в кінці і на початку), Δt - тривалість інтервалу.

Можна сказати, що ця формула визначає середню швидкість в рамках поїздки. Але чим коротшим вважається часовий інтервал, тим більше результат буде апроксимувати швидкість, яка відображається на спідометрі автомобіля.

Прискорення характеризує зміну швидкості за певний проміжок часу:

$$a = \Delta v / \Delta t, \quad (2.2)$$

де a - прискорення, Δv - різниця швидкостей в кінці і на початку розглянутого інтервалу часу, а Δt - тривалість інтервалу.

Середнє значення прискорення за поїздку майже не використовується при аналізі руху автомобіля, тому має сенс розраховувати тільки прискорення за мінімальний проміжок часу.

Одиницею швидкості є метр в секунду (м/с), але в повсякденному житті частіше використовується несистемна одиниця кілометр на годину (км/год).

Одиницею прискорення в системі вимірювань є метр в секунду в секунду (м/с^2), але часто використовується несистемна одиниця g — прискорення сили тяжіння на поверхні Землі, що дорівнює $9,80665 \text{ м/с}^2$ (часто використовується наближення $g \approx 10 \text{ м/с}^2$).

У нашому випадку це стандартна величина, на яку ділиться величина прискорення, щоб порівняти її з чимось більш звичним. Розгін $1 g$ відповідає розгону від 0 до 100 км/год за $2,83$ секунди. Скласти уявлення про середнє значення прискорення для різних видів руху допоможе наступна таблиця (додаток 1)

Для обрахунку оцінки якості водіння використовується формула, що сумує зібрані в програмне забезпечення порушення допустимих показників швидкості та прискорення:

$$X = (\sum A * T) / S \quad (2.3)$$

де X – штрафні бали за допущені порушення, балів

A – виявлене порушення дозволеного діапазону прискорень, шт

T – тариф нарахування штрафних балів за певний діапазон порушень, ум.од

S – пробіг водія за зміну, км

Усереднення штрафних оцінок може здійснюватися як по показнику пробігу так і по показнику часу в дорозі.

Зі зміною величини оцінки якості водіння змінюється і витрата палива згідно залежності 2.1

$$Y = f(x_1, x_2) \quad (2.4)$$

де y – витрата палива водія автобуса за зміну, л;

x_1 – відсоток натискання на педаль газу, %;

x_2 – оцінка якості водіння.

Для правильної оцінки якості водіння в програмне забезпечення потрібно ввести показники граничних прискорень, здійснити оптимальну прив'язку штрафних балів до виявлених порушень перевищення показників. По результатам проставлених кожному водію оцінок якості водіння можна підтвердити залежність 2.4 в тому, що з отриманням гіршої оцінки якості водіння та вищого відсотку натискання на педаль акселератора збільшується витрата палива автомобіля за зміну.

2.2 Методика розрахунку прискорень автомобілів GPS-трекерами

Використовуючи наведені в попередньому підрозділі роботи залежності, ми розрахуємо швидкість і прискорення, виходячи з отриманих від трекера координат об'єкта.

У прикладі будемо відраховувати час від 0 секунд. Для простоти припустимо, що об'єкт завжди рухався по прямій лінії, а швидкість транспортного засобу змінювалася рівномірно між повідомленнями. Для прикладу розглянемо прискорення в рис 2.1

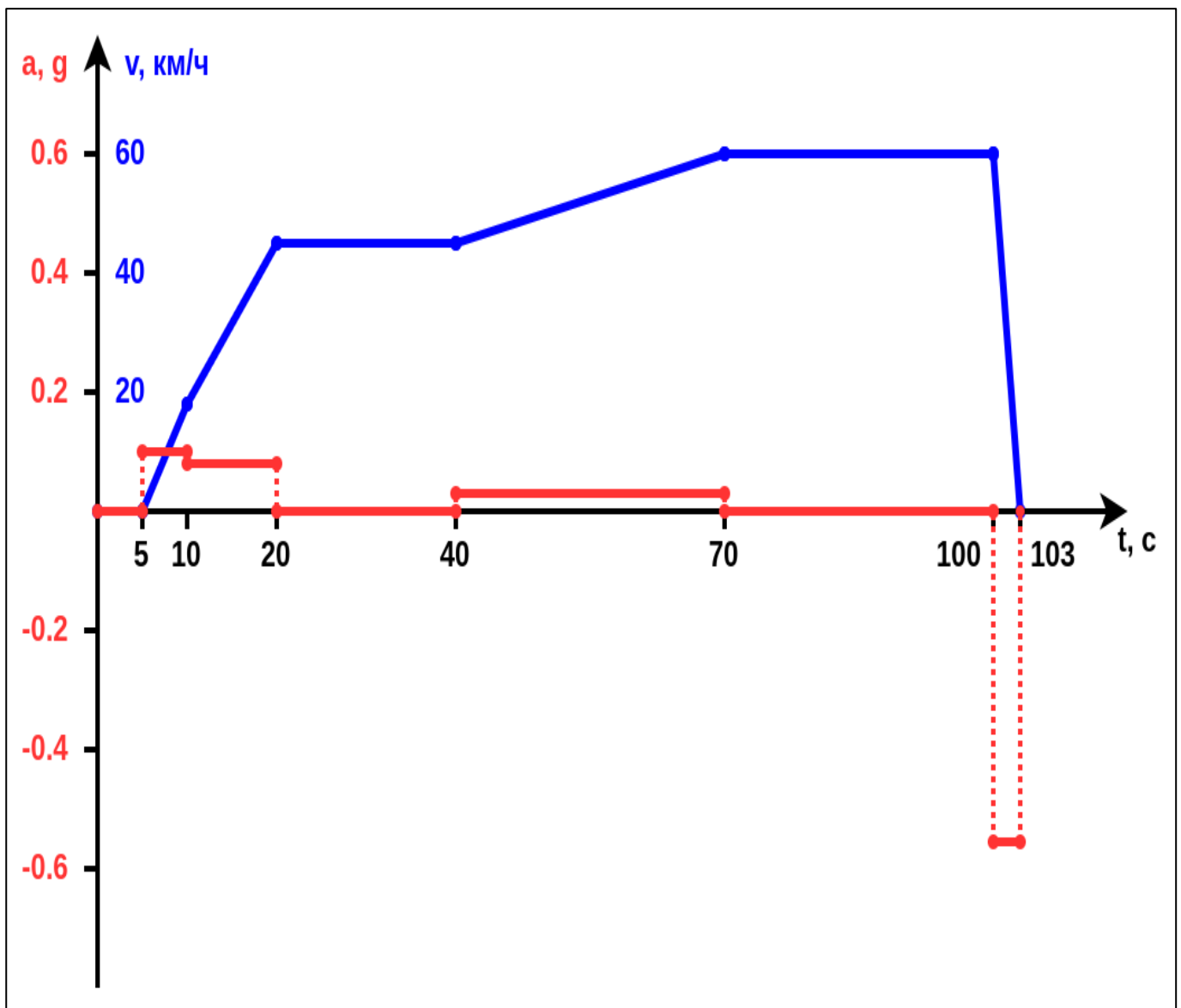


Рис 2.1 Графік прискорень ТЗ

Виходячи графіка, можна записати наступні висновки:

1. Швидкість дорівнює 0, коли об'єкт не змінює положення.

2. Прискорення дорівнює 0, коли об'єкт не змінює швидкість (стоїть на місці або рухається з тією ж швидкістю).
3. Позитивне значення прискорення відповідає збільшенню швидкості, а негативне - гальмуванню.
4. За величиною прискорення можна судити про те, наскільки швидко і істотно змінилася швидкість між повідомленнями.

Цей приклад дозволяє оцінити взаємозв'язок між положенням, швидкістю та прискоренням. Дані, що надходять від реального транспортного засобу, можуть відрізнятися від даних, наведених у прикладі, оскільки містять умовні позначення та спрощення.

Прилади, які використовуються для вимірювання прискорення, називаються акселерометрами. Сучасні технології дозволяють створювати мініатюрні акселерометри, розмір яких не перевищує одного міліметра. Вони широко поширені і використовуються в багатьох видах техніки: смартфонах, фітнес-браслетах, трекерах, автомобілях.

Оскільки прискорення є векторною величиною, тобто має напрямок, то для його повного вимірювання потрібно три перпендикулярні один одному акселерометри. Разом вони утворюють єдиний трьохосьовий акселерометр, в якому, наприклад, вісь X показує прискорення або уповільнення, вісь Y показує повороти, а вісь Z показує підйоми і спади.

Трекер з акселерометром або окремим датчиком акселерометра може мати на корпусі накреслені осі, за якими його потрібно розміщувати на об'єкті. Тобто вісь Z може бути спрямована вниз замість осі X, або вісь Y може бути спрямована вперед замість осі X. Напрями осей зчитуваних акселерометром подано на рисунку 2.2

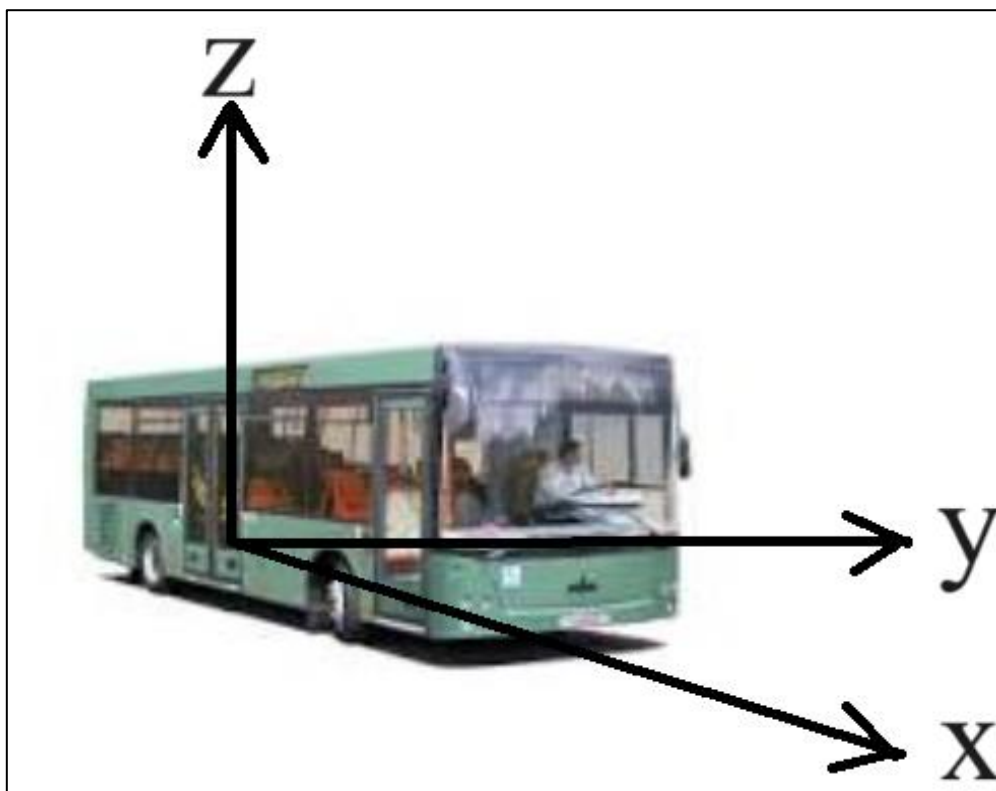


Рис. 2.2 Вектори зчитування осей акселерометра

Встановити прилад ідеально рівно на об'єкті не вийде, тому після монтажу необхідно провести його калібрування. В цілому процедура калібрування включає в себе кілька етапів: їзда по прямій, повороти, плавне і різке гальмування, їзда без порушень, їзда з порушеннями.

Однак калібрування може значно відрізнятися від пристрою до пристрою. Дізнатися про це можна в документації пристрою.

При вимірюванні прискорень по технології GPS трекер попарно збирає кожні 2 секунди показник прискорень, відправляє їх у програмне забезпечення, де відбираються небезпечні та граничні показники як прискорень так і швидкості на певному відрізку шляху.

Так як акселерометри і трекери використовують одну і ту ж компонентну базу (чіпи), то їх показання не будуть відрізнятися більш ніж на 15% (а при правильному калібруванні це значення буде ще менше).

Після зібраних даних з трекера та акселерометра та отриманих оцінок застосовується усереднення, тобто загальна оцінка ділиться або на пробіг автомобіля (в більшості випадків) або на час поїздки.

2.3 Висновки до розділу 2

Ключовою характеристикою, яка допомагає визначити якість водіння, є прискорення.

Прискорення характеризує зміну швидкості за певний проміжок часу:

$$a = \Delta v / \Delta t, \quad (2.2)$$

де a - прискорення, Δv - різниця швидкостей в кінці і на початку розглянутого інтервалу часу, а Δt - тривалість інтервалу.

Одиницею прискорення в системі вимірювань є метр в секунду в секунду (м/с^2), але часто використовується несистемна одиниця g — прискорення сили тяжіння на поверхні Землі, що дорівнює $9,80665 \text{ м/с}^2$ (часто використовується наближення $g \approx 10 \text{ м/с}^2$). У нашому випадку це стандартна величина, на яку ділиться величина прискорення, щоб порівняти її з чимось більш звичним. Розгін $1 g$ відповідає розгону від 0 до 100 км/год за 2,83 секунди.

Для обрахунку оцінки якості водіння використовується формула, що сумує зібрані в програмне забезпечення порушення допустимих показників швидкості та прискорення:

$$X = (\sum A * T) / S \quad (2.3)$$

де, A – виявлене порушення дозволеного діапазону прискорень, шт

T – тариф нарахування штрафних балів за певний діапазон порушень, ум.од

S – пробіг водія за зміну, км, X -штрафні бали, балів

Усереднення штрафних оцінок може здійснюватися як по показнику пробігу так і по показнику часу в дорозі.

Існують два різних підходи у вимірюванні показників прискорення автомобілів за допомогою трекерів: по технології GPS та по технології акселерометра.

Прилади, які використовуються для вимірювання прискорення, називаються акселерометрами.

При вимірюванні прискорень по технології GPS трекер попарно збирає кожні 2 секунди показники прискорень, відправляє їх у програмне забезпечення.

У програмному забезпеченні відбираються небезпечні та граничні показники як прискорень так і швидкості на певному відрізку шляху.

Акселерометр дозволяє визначити вектор руху автомобіля при цьому. При використанні обох технологій програмне забезпечення вибирає ті показники прискорення з двох методів, які є вищими для подальшої аналітики показників.

Після зібраних даних з трекера та акселерометра та отриманих оцінок застосовується усереднення, тобто загальна оцінка ділиться на пробіг автомобіля.

Зі зміною величини оцінки якості водіння змінюється і витрата палива (залежність 2.4.)

$$Y=f(x_1, x_2) \quad (2.4)$$

де y – витрата палива водія автобуса за зміну, л

x_1 – відсоток натискання на педаль акселератора, %

x_2 – оцінка якості водіння

Для правильної оцінки якості водіння в програмне забезпечення потрібно ввести показники граничних швидкостей та прискорень, здійснити оптимальну прив'язку штрафних балів до виявлених порушень перевищення показників.

По результатам проставлених кожному водію оцінок якості водіння можна підтвердити залежність 2.4 в тому, що з отриманням гіршої оцінки якості водіння та вищого відсотку натискання на педаль акселератора збільшується витрата палива автомобіля за зміну.

Для правильного підбору параметрів, які доводять цю закономірність необхідне проведення експериментального дослідження окремо для умов експлуатації автобусів в межах міста Житомир.

Проведення експериментального дослідження дозволить виявити те, скільки літрів за зміну економить водій, який більш акуратно тисне на педаль акселерометра, плавніше розганяється, входить в поворот.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДІННЯ АВТОБУСІВ МАЗ 206086

3.1 Планування та постановка завдань експерименту з оцінювання якості водіння

Виробники програмного продукту ECO DRIVING пропонують підібрати для оцінювання якості водіння трекери та власне програмне забезпечення.

Проблематика заключається в тому, що вхідні параметри в програмне забезпечення для оптимального проставлення оцінки користувач має підібрати самостійно.

Для того, щоб правильно підібрати параметри було досліджено теоретичну частину даного питання та проведено аналіз літературних джерел з даної тематики.

При плануванні експерименту було обрано результуючий показник у вигляді витрати палива автобусом за зміну водія.

Одним з вихідних параметрів, який необхідно отримати з CAN-шини автомобіля є фактична витрата палива за зміну для того, щоб порівняти в подальшому оцінку якості водіння і витрату палива.

Об'єктом дослідження в даному випадку є стиль водіння, який характеризується проставленою 6-ти бальною оцінкою якості водіння. В наявності є вхідні показники порушень прискорення отримані від трекера: швидкість автобусу, прискорення, гальмування, різкість входження в поворот.

При такій оцінці водій може дотягнутися (покращити) свій рівень водіння до кращої оцінки. В європейських країнах по результатам місяця проводиться преміювання або депреміювання водіїв згідно їх оцінки.

Вихідними показниками після обробки в програмі є виставлена оцінка кожному водію окремо за зміну, середня витрата палива з накопичувального датчика знімаючого сумарні показники з форсунок отримані з CAN-шини автомобіля

Також є можливість отримати пробіг по одометру - з CAN-шини автомобіля , середні та максимальні обороти двигуна - з CAN-шини автомобіля рисунку 3.1

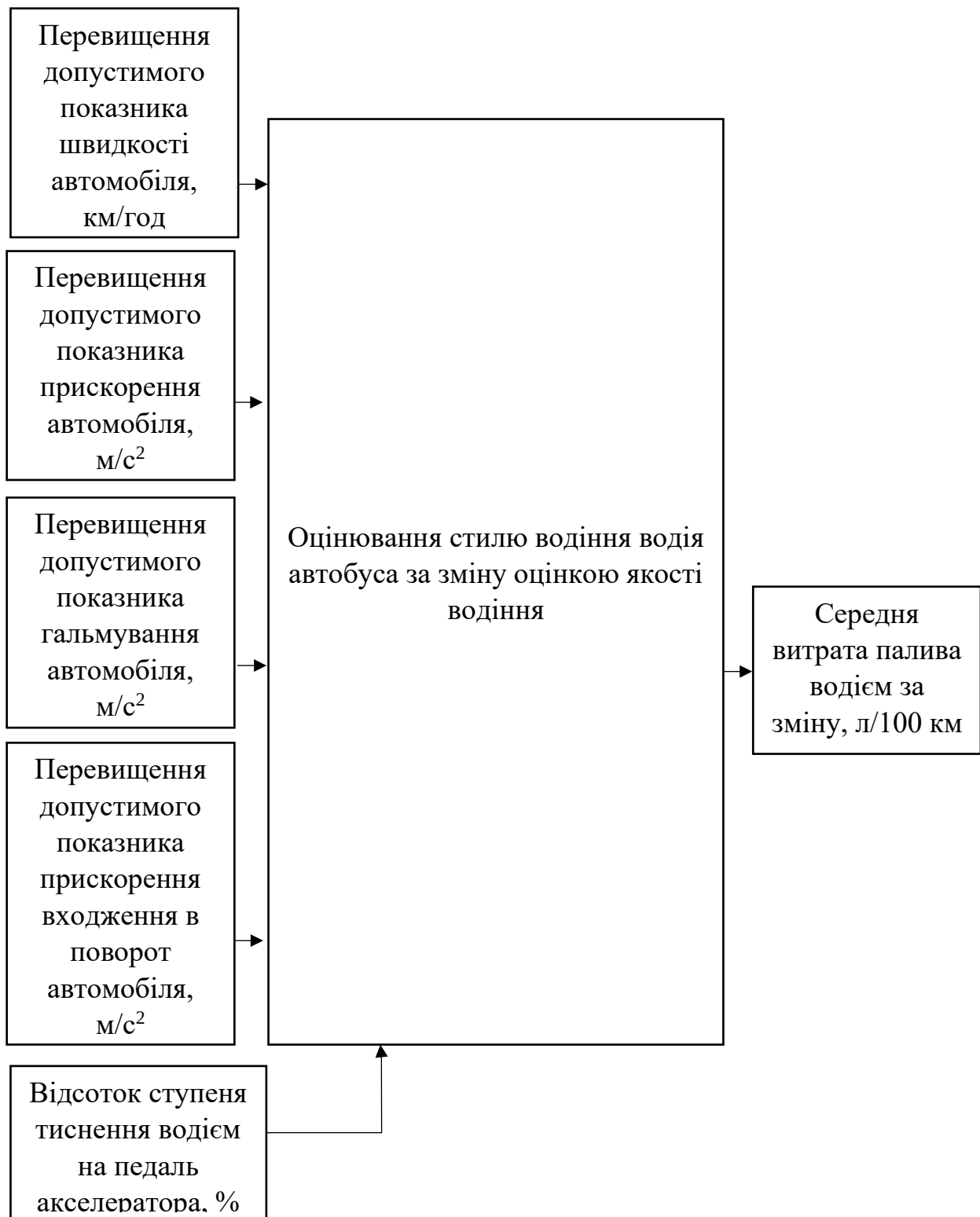


Рисунок 3.1 Схема досліджень за методом «чорної скрині» щодо оцінювання якості водіння.

В ході аналізу даних експерименту був спланований наступний алгоритм дослідження, рис 3.2

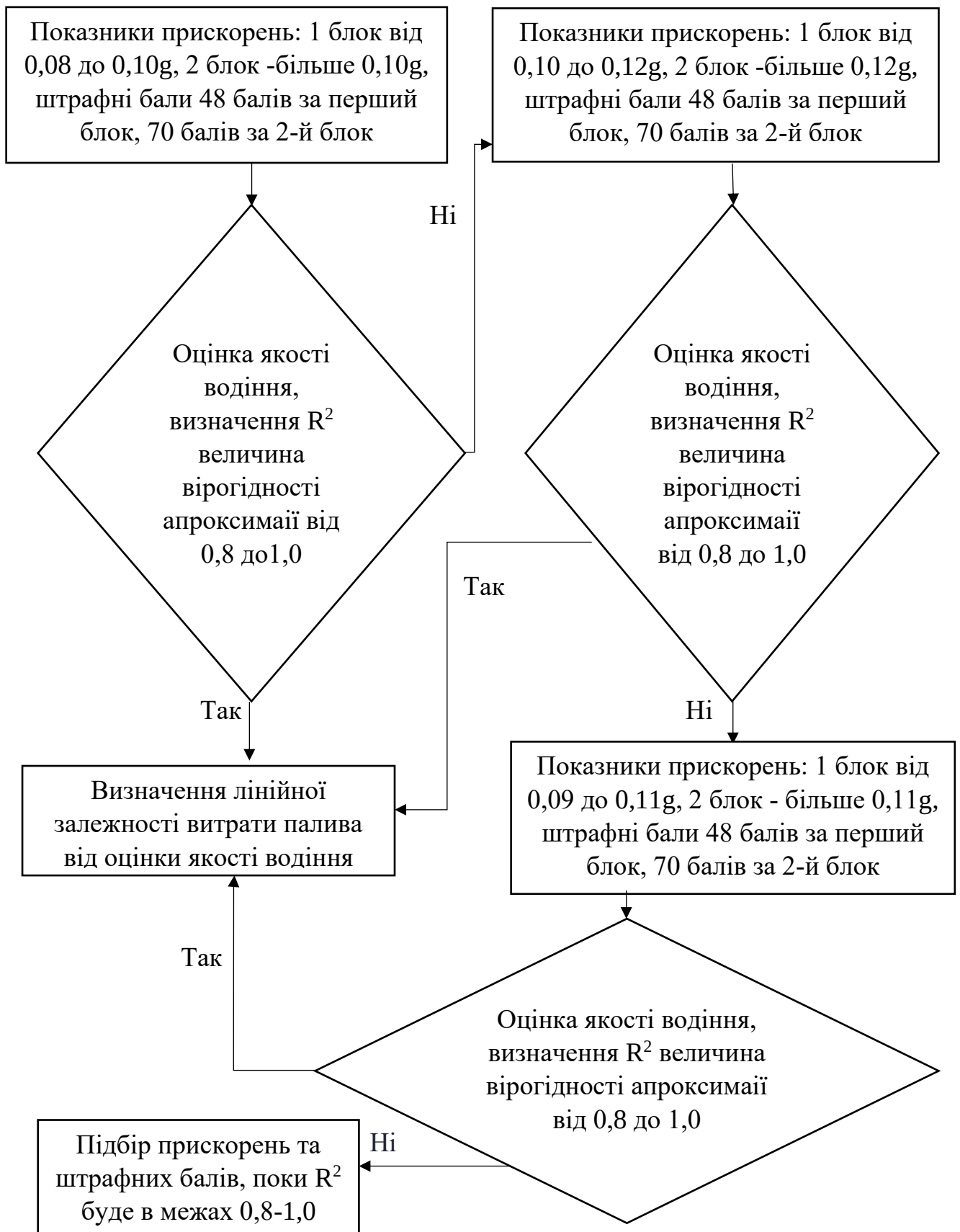


Рис 3.2 Алгоритм пошуку оптимальної оцінки якості водіння

3.2 Монтаж обладнання, підключення до CAN шини автомобіля

Для проведення експериментального дослідження було обрано автобус МАЗ 206886, який використовуються для перевезень пасажирів на маршрутах №33 та № 44 в м. Житомир. Фото автобуса марки МАЗ206806 подано на рис 3.3



Рис. 3.3 Автобус МАЗ 2068086 для проведення дослідження

В автобусі вже встановлено GPS трекери BI TREK 920 Connect, в яких є можливість підключення до CAN шини автомобіля, а також можливість підключення додаткового обладнання такого як датчики рівня палива, витратоміри. Автобус постійно використовуються на маршрутах.

Детальна характеристика технічних характеристик автобуса подано в додатку 2.

Оскільки однією з задач при оцінювання якості водіння було зчитування параметрів з CAN шини автобуса було обрано окремо від встановленого обладнання трекер Teltonika FMB 140 з вбудованим CAN модулем, рис 3.4, використання якого дає змогу мати свій акаунт для аналізу даних.



Рис 3.4 Трекер з вбудованим CAN модулем Teltonika FMB 140

Трекер Teltonika FMB140 використовується для GPS моніторингу різних транспортних засобів. Його важливою особливістю є підтримка 2-х CAN-шин і дозволяє підключатися до легкових, вантажних автомобілів або автобусів. GPS трекер FMB140 вміє автоматично розшифровувати дані, які знаходяться в бортовому комп'ютері.

Teltonika FMB-140 має вбудований модуль Bluetooth, який підтримує бездротові датчики – RFID-мітки, датчики температури або вологості та інші.

Недоліком цієї моделі є відсутність цифрових портів RS-485 і RS-232. Без них підключити високоточний датчик рівня палива неможливо. Трекер має 2 аналогових, 2 дискретних з плюсовим або мінусовим підключенням, 1-провідний інтерфейс, а також 2 керованих виходи. Вбудовані GPS і GSM антени. Пам'яті трекера в 128 Мб більш ніж достатньо для моніторингу транспорту.

Трекер Teltonika FMB-140 підтримує функцію «Безпечне водіння», що дозволяє не тільки контролювати рух, але і оцінювати стиль водіння автомобіля.

Шина бортового комп'ютера транспортного засобу називається CAN. Підключившись до нього, можна отримати додаткову інформацію про роботу двигуна автомобіля.

Кількість параметрів залежить від марки, моделі та року випуску. Наведемо приклад основних параметрів:

1. Кількість витраченого палива (загальне, л)
2. Частота обертання двигуна (об/хв)
3. Температура охолоджуючої рідини (С)
4. Мотогодини двигуна
5. Положення педалі дросельної заслінки (%)

Для збору даних з трекера важливим показником є частота відправки в програмне забезпечення розрахованих параметрів швидкості та прискорення.

Для трекера Teltonika 140 він складає: під час стоянки 1 запис кожні 5 секунд, під час руху 1 запис кожні 2 секунди, мінімальна дельта швидкості складає 5 км/год, мінімальний кут входження в поворот 7 градусів.

Автомобіль для досліджень пересувається по маршруту №33 протяжністю 15,08 км. Кількість зупинок 56 шт. Рис 3.5

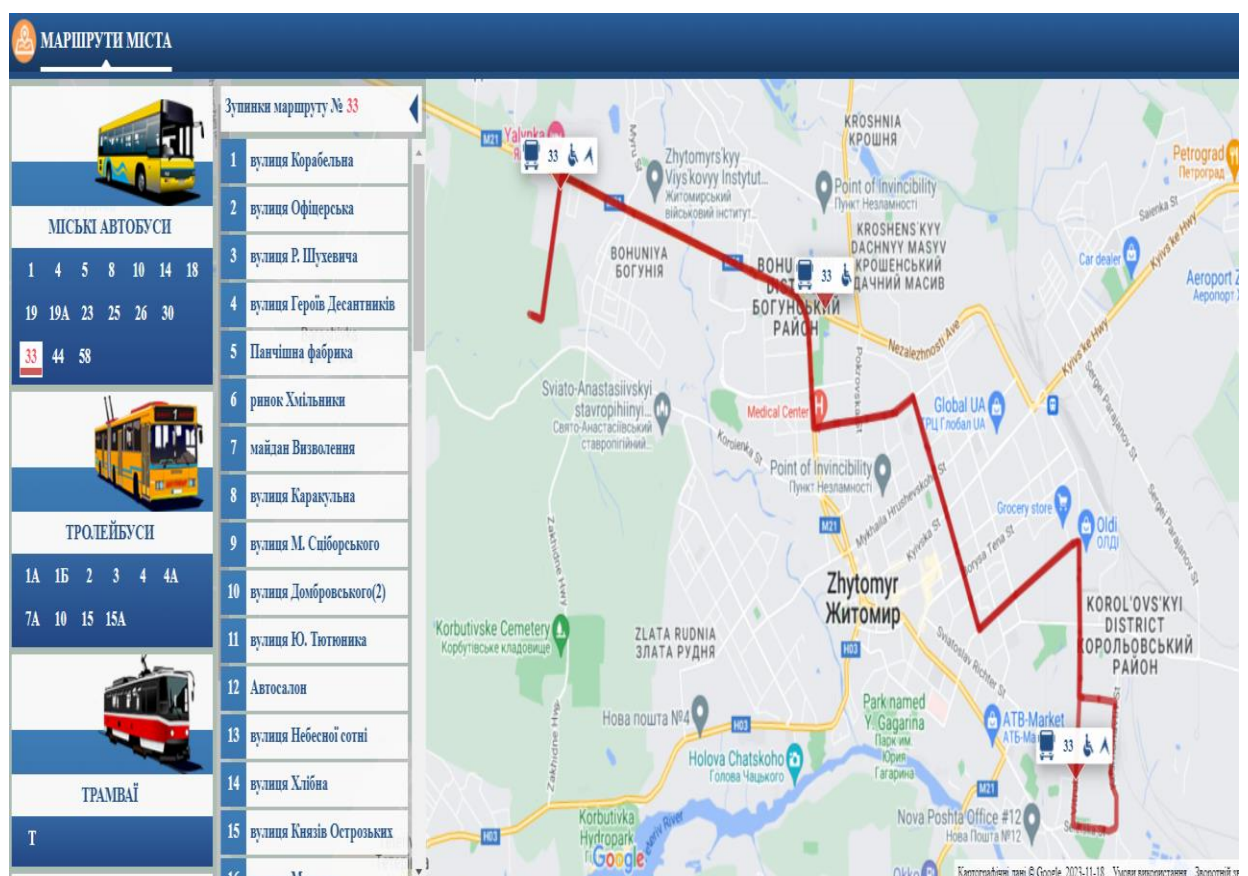


Рис 3.5 Маршрут руху автобусу №33 в м. Житомир

Також автомобіль для досліджень пересувається по маршруту №44 протяжністю 18,02 км. Кількість зупинок 62 шт. Карта маршруту подана на рисунку 3.6

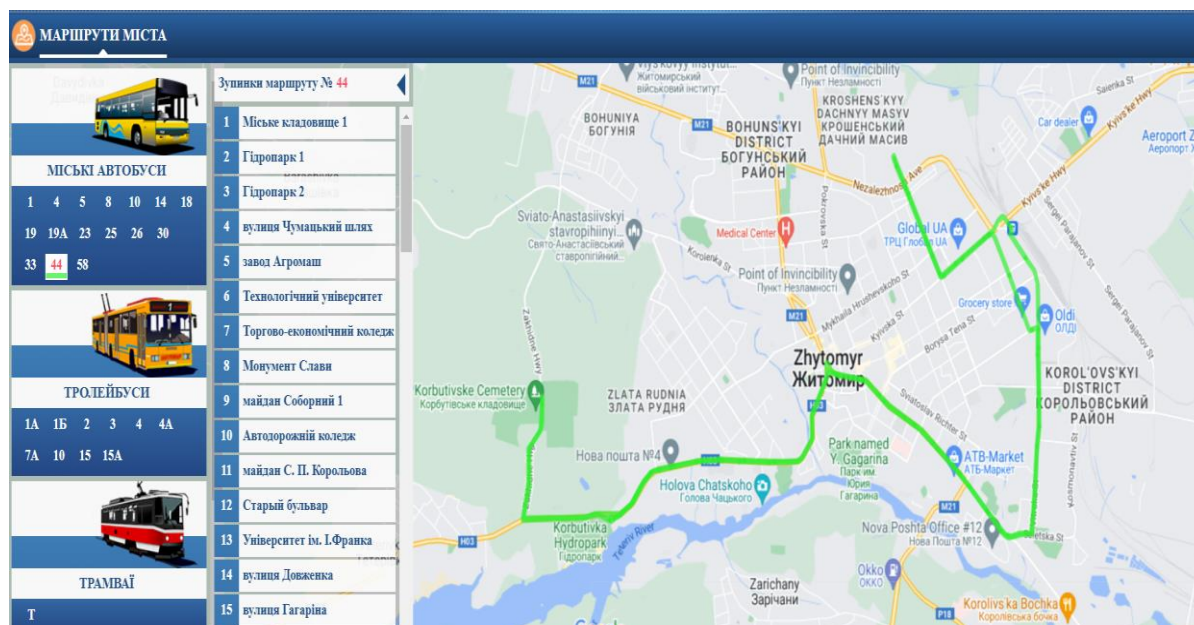


Рис 3.6 Маршрут руху автобусу №44 в м. Житомир

Для монтажу обладнання було обрано зовнішній бік діагностичного роз'єму, доступ до якого в автобусі МАЗ 206806 знаходиться через зовнішній люк контролю тиску в пневмосистемах автомобіля, рис.3.7



Рис 3.7 Точка в автобусі для монтажу GPS трекера

Дане місце є зручним тим, що можливо змонтувати трекер та підключитись до CAN шини, не виконуючи врізку в систему при правильній обжимці проводів, рис 3.8 та рис 3.9.

Такий спосіб підключення є зручним тому, що постійно залишається доступним для діагностики діючий OBD вхід.

Це означає, що електрик підприємства в будь-який час зможе провести діагностику автомобіля не від'єднуючи трекер.

Хоча існують варіанти з підключенням саме з використанням OBD адаптера для під'єднання до CAN шини автобуса, рис 3,8.



Рис 3.8 Змонтований трекер з підключенням до CAN шини

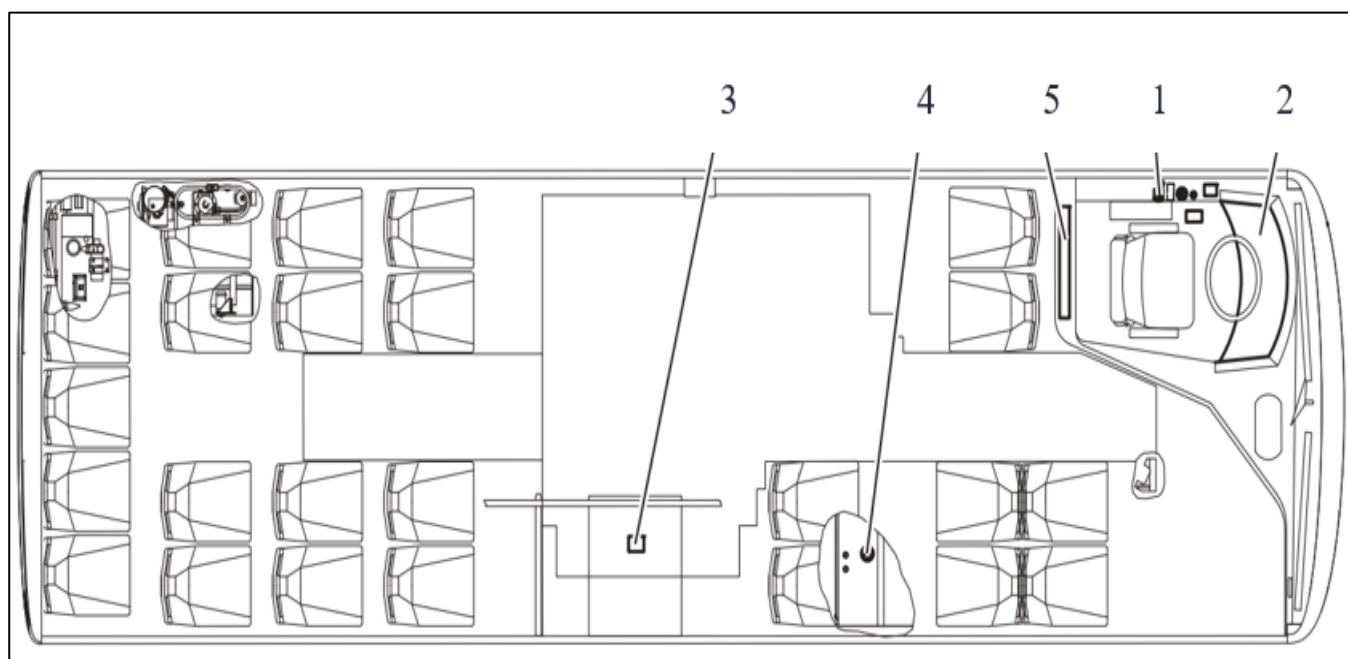
Трекер був підключений до електроживлення і закріплений на стяжках, рис 3.9



Рис 3.9 Монтаж трекера

Проведено аналіз електросхеми інформаційних приладів автобусу МАЗ 20686. Визначено розташування CAN ліній для подальшого підключення, рис 3.10 та рис.3.11

Точка підключення на електросхемі позначена як додаткова між додатковою панеллю і щитком приладів, рис 3.10 та 3.11



де - 1 додаткова панель, 2- панель приладів, 3- датчик відкриття рампи для інваліда, 4 – датчик рівня палива 5 – блок комутації,

Рис 3.10 Точка підключення до CAN шини автомобіля

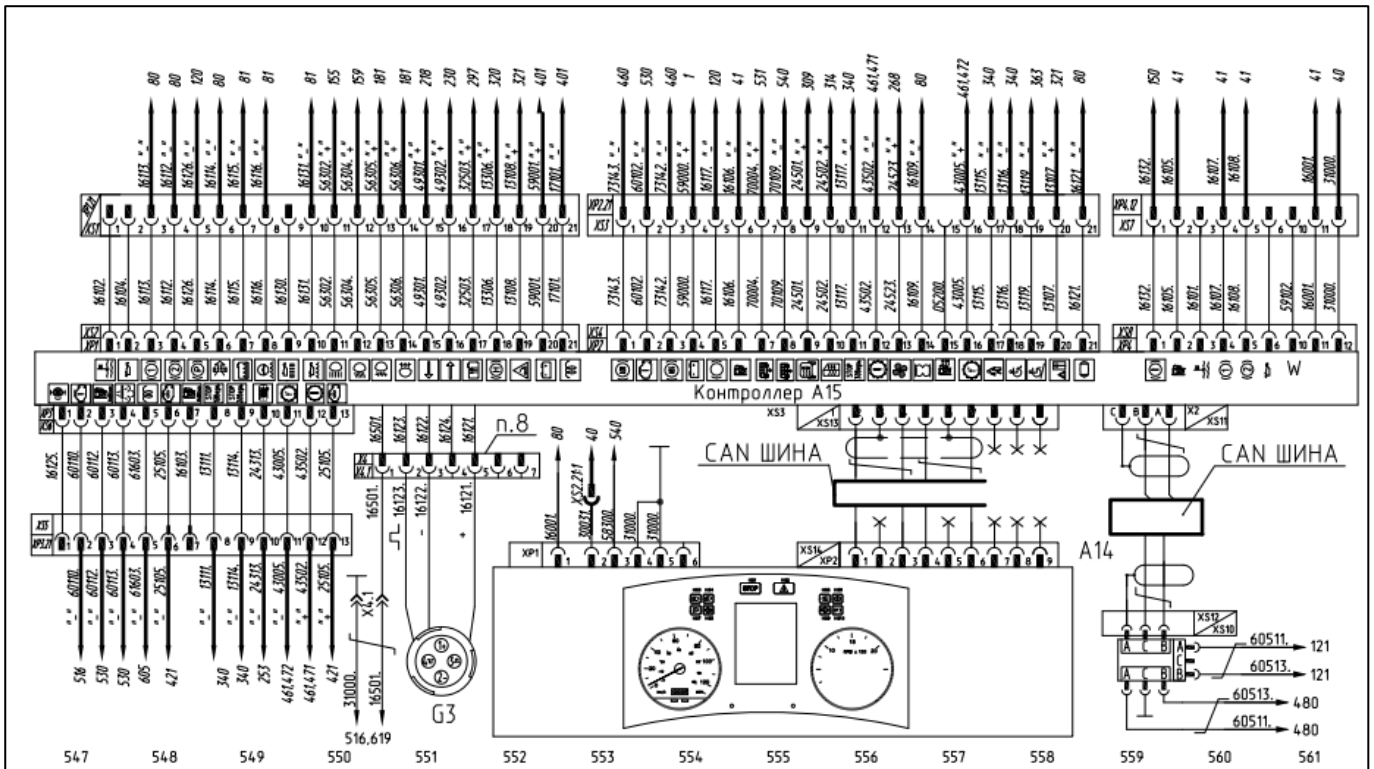


Рис 3.11 Система управління електронний щитком приборів МАЗ 206086

Далі було знайдено проводи CAN H та CAN L, проведена обжимка проводів та проведене підключення до CAN шини, рис.3.12



Рис 3.12 Монтаж трекера до проводів CAN з зовнішнього боку діагностичного роз'єму автобуса МАЗ 206086

По завершенні монтажу відбулась прив'язка трекера до програмного забезпечення OVERSEER.

Сім карти з поповненим рахунком були закуплені попередньо, вставлені в трекери, попередньо відбулись налаштування для подальшого монтажу трекера.

Далі спеціалістами компанії OVERSEER було надано акаунт за користування послугою, оплачені послуги даної компанії.

Далі проведена робота спеціалістів компанії з настройки витягування параметрів з CAN шини в програмне забезпечення.

Програмне забезпечення OVERSEER пропонує 4 варіанти налаштувань параметрів прискорення, а саме:

1) Трекер надсилає розраховані параметри якості водіння: такий підхід застосовний лише до певних типів пристроїв, які використовують певні алгоритми обробки акселерометра.

З їх переліком можна ознайомитися на сайті gurtam.com в закладці «Обладнання» за допомогою фільтра водіння ECO DRIVING.

У програмному забезпеченні Wialon параметрами якості водіння є `wln_accel_max`, `wln_brk_max` і `wln_crn_max`.

Програмне забезпечення OVERSEER працює на базі Wialon.

Простіше кажучи, ці параметри містять значення, які відповідають максимальному прискоренню, зафіксованому між двома послідовними повідомленнями.

Це дозволяє налаштувати трекер на будь-яку частоту збереження повідомлень, не впливаючи на точність результату.

Такі параметри автоматично розпізнаються системою, тому немає необхідності створювати будь-які додаткові датчики.

Досить налаштувати розрахунок прискорення за параметрами якості водіння і створити критерії типу Прискорення, Гальмування, Повороти.

2) Трекер відправляє розраховані параметри прискорення в будь-якому форматі.

У таких трекерах також використовуються спеціальні алгоритми обробки даних з акселерометра, що дозволяє налаштувати трекер на будь-яку частоту зберігання повідомлень, не впливаючи на точність результату.

Однак ці трекери відправляють інформацію про прискорення в довільному форматі, а тому такі параметри не розпізнаються системою автоматично, тому для їх обліку потрібно створити датчики (найлогічніше вибрати тип «Акселерометр»), а потім на основі цих датчиків створити критерії типу Custom.

3) Трекер надсилає необроблені значення прискорення по осях: якщо трекери не мають спеціальних алгоритмів обробки даних з акселерометра, вони відправляють параметри з показаннями по трьох осях в момент формування повідомлення.

При цьому, чим вище частота збереження повідомлень, тим вище точність результату, але це призведе до збільшення GPRS-трафіку, витраченого трекером. Рекомендована частота – 1 повідомлення кожні 2 секунди.

Такі параметри не розпізнаються системою автоматично, тому для їх обліку потрібно створити два датчика (найлогічніше вибрати тип Акселерометра): один буде заснований на параметрі з осі X (позитивне значення буде відповідати прискоренню, а негативне - параметру з осі Y (позитивне значення буде вказувати на поворот в одну сторону, а негативне - на поворот в іншу)).

Вісь Z - пов'язані з вертикальним прискоренням не будуть використовуватися для обчислень.

Потім на основі цих двох датчиків створити критерії типу Custom.

Цей тип пристроїв може не мати процедури калібрування, яка вимагає індивідуального налаштування для кожної осі для отримання точних показань прискорення.

Варто повторити, що єдиного правила напрямку або найменування осей не існує. Дізнатися напрямки осей пристрою можна з його документації.

4) Трекер не відправляє дані про прискорення в будь-якій формі.

Якщо трекери не мають акселерометра, тобто не можуть виміряти прискорення, то його можна розрахувати математично за даними GPS.

При цьому, чим вище частота збереження повідомлень, тим вище точність результату, але це призведе до збільшення GPRS-трафіку, витраченого трекером.

Рекомендована частота – 1 повідомлення кожні 2 секунди.

Величина прискорення при управлінні транспортним засобом залежить від багатьох факторів: потужності двигуна, технічного стану транспортного засобу, маси транспортного засобу, навантаження на кузов, зчеплення шин з дорогою, якості дорожнього покриття, метеорологічних умов тощо.

Джерелом інформації про середні значення прискорення в різних ситуаціях (плавний розгін, різкі повороти, екстрене гальмування) може бути спеціалізована література, яка повинна містити інформацію про конкретні моделі автомобілів та була проаналізована в даній роботі в теоретичному розділі.

Також можна було б підлаштуватися під значення, якими користуються страхові компанії, але в силу специфіки своєї діяльності вони не розміщують таку інформацію у відкритому доступі.

Отож дані критерії було перевірено на практиці.

Для цього достатньо було зробити серію поїздок на транспортному засобі: в одних певні водії дотримуватися нормального стилю водіння, а в іншій – частково вчиняли ті самі порушення, які слід відслідковувати далі.

Після цього було переглянуто повідомлення з трекера та запущено звіт з таблицею «Якість водіння», щоб визначити значення прискорення для різних стилів водіння, а потім на їх основі визначити межі порушень.

Виміри і порівняння було зроблено у зміни водіїв які мали більш акуратний і більш агресивний стиль водіння.

В програмному забезпеченні потрібно у вкладці вказати методи визначення прискорення.

Програмне забезпечення пропонує обрати один з трьох методів розрахунку прискорень поданих в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Методи розрахунку прискорень, що пропонує програма OVERSEER

Метод	Опис
GPS та параметри якості водіння	Прискорення обчислюється за допомогою даних про місце розташування, швидкості, часу і напрямку руху об'єкта (див. Метод GPS) і на підставі спеціальних параметрів, які надходять від пристроїв: <code>wln_accel_max</code> , <code>wln_brk_max</code> і <code>wln_crn_max</code> .
Параметри якості водіння	Прискорення розраховується на стороні пристрою і відображається в повідомленнях від пристрою у вигляді спеціальних параметрів, які містять максимальні значення швидкості за період між повідомленнями: <code>wln_accel_max</code> , <code>wln_brk_max</code> і <code>wln_crn_max</code> . Ці параметри можуть надходити лише від певних пристроїв. Методика розрахунку, заснована на параметрах якості водіння, є більш точною, так як розрахунок не залежить від частоти відправки даних. Якщо дані, за якими можна розрахувати прискорення, надходять в параметрах, відмінних від <code>wln_accel_max</code> , <code>wln_brk_max</code> і <code>wln_crn_max</code> , то на їх основі потрібно створювати датчики і призначені для користувача критерії.
GPS	Прискорення розраховується за даними про місце розташування, швидкість, час і напрямок руху об'єкта. Для більш коректного розрахунку встановлено мінімально можливий інтервал відправки повідомлень на пристрої, але не менше 2 секунд. Рекомендовано використовувати цей метод, лише якщо не можливо використовувати метод налаштувань якості водіння.

Обрано першу опцію GPS та параметри якості водіння при проведенні експерименту. На тій же вкладці обрано методику розрахунку прискорення і додано критерії, що дозволяють оцінити якість водіння водія і виявити порушення.

Першим додатковим параметром є Валідатор. У випадковому списку обирається один зі створених датчиків, якщо є бажання використовувати як валідатор для підтвердження або відхилення отриманих значень обраного критерію.

Якщо отримано хоча б одне позитивне значення валідатора, виявляється порушення. Після вибору валідатора доступна опція «Множник».

Є можливість активувати його так, щоб кількість штрафних балів за порушення помножилася на значення обраного валідатора.

Наприклад, якщо потрібно стежити за перевищенням швидкості під час вантажоперевезень, можна створити датчик ваги, вибрати його як валідатор та активувати опцію «Множник».

Якщо транспортний засіб не завантажений, значення датчика дорівнює нулю, якщо він завантажений - більше нуля.

При цьому при перевищенні швидкості під час перевезення вантажу кількість зазначених штрафних балів множиться на величину валідатора. Другим показником є «Усереднення».

Вибір одного з доступних варіантів для розрахунку усереднення. Перший спосіб - за кілометражем: загальна кількість штрафних балів, нарахованих за поїздки, ділиться на кількість кілометрів, пройдених під час поїздки. Таким чином, визначається середня кількість штрафних балів за кожен кілометр поїздки.

Другий спосіб - за часом: загальна кількість штрафних балів, нарахованих за поїздки, ділиться на тривалість поїздки. Таким чином, визначається середня кількість штрафних балів за кожну хвилину поїздки.

Якщо усереднення вимкнено (вибрано опцію Ні), всі штрафні бали за поїздки підсумовуються. Усереднення пробігу та часу не поширюється на поїздки тривалістю менше хвилини. Використано та проставлено у програму показник усереднення по пробігу для об'єктивного розподілу порушень.

Третім додатковим показником є «Мін/Макс Час, сек.». Вказується діапазон тривалості критерію, в якому повинні бути визначені порушення. Якщо тривалість критерію перевищує задане мінімальне значення, визначається порушення.

Якщо тривалість критерію перевищує вказане максимальне значення, кількість штрафних балів множиться на кількість максимальних значень критерію за інтервал порушення.

Четвертим додатковим показником є «Мін/Макс Швидкість, км/год»: Вказується діапазон швидкостей, при якому повинні бути виявлені порушення. Система визначає максимальну швидкість на інтервалі порушень і порівнює її зі значеннями, зазначеними в цих полях.

Якщо швидкість руху потрапляє в заданий діапазон, виявляється порушення. Наприклад, тут можна вказати тільки мінімальну швидкість руху. Це дає можливість не враховувати порушення (перевищення, розгін, гальмування) при русі зі швидкістю, яка нижче зазначеного значення.

Протягом дослідження три рази вводились різні параметри для підбору оптимальної оцінки згідно спланованого алгоритму.

Окремим завданням при проведенні дослідження стало встановлення залежності між витратою палива автобусу під час виконання рейсу та відсотком натискання на педаль акселератора. У більшості випадків даний показник прив'язують до системи оцінювання якості водіння як довільний датчик та назначають штрафні бали за перевищення допустимого відсотку.

Оскільки на момент проведення дослідження не було підтверджено кореляції між цими показниками, то даний параметр натискання на педаль аналізувався окремо.

3.3 Висновки до розділу 3

При плануванні експерименту для дослідження було розроблено алгоритм дослідження, який дозволяє провівши почергово підбір параметрів прискорень, виявити оцінку якості водіння та її вплив на витрату палива.

Одним з вихідних параметрів, який було отримано з CAN-шини автомобіля є фактична витрата палива. Для проведення експериментального дослідження було обрано автобус МАЗ 206886 (АМ 1874 АА), який використовуються для перевезень пасажирів на маршрутах №33 та № 44 в м. Житомир. Оскільки однією з задач при оцінювання якості водіння було зчитування параметрів з CAN шини автобуса було обрано трекер Teltonika FMB 140 з вбудованим CAN модулем, використання якого дає змогу мати свій акаунт для аналізу даних, не прив'язуючись до діючих трекерів КП ЖТТУ, що працюють з програмним забезпеченням DOZOR. Автомобіль для досліджень пересувається по маршруту №33 протяжністю 15,08 км, зупинок 56 штук та по маршруту №44 протяжністю 18,02 км., кількість зупинок 62 шт.

Для монтажу обладнання було обрано зовнішній бік діагностичного роз'єму, доступ до якого в автобусі МАЗ 206806 знаходиться через зовнішній люк контролю тиску в пневмосистемах автомобіля. Такий спосіб підключення є зручним тому, що постійно залишається доступним для діагностики діючий OBD вхід. Прискорення розраховується по технології GPS за даними про місце розташування, швидкість, час і напрямок руху об'єкта. Для більш коректного розрахунку встановлено мінімально можливий інтервал відправки повідомлень на пристрої не менше 2 секунд. Далі було знайдено проводи CAN H та CAN L, проведена обжимка проводів та проведене підключення до CAN шини. Далі спеціалістами компанії OVERSEER було надано акаунт за користування послугою, оплачені послуги даної компанії. Проведена робота спеціалістами компанії з настройки витягування параметрів з CAN шини в програмне забезпечення. Протягом дослідження три рази вводились різні параметри прискорень для підбору оптимальної оцінки згідно спланованого алгоритму. Отримано результати у вигляді оцінки кожного водія за кожен рейс та отримано з CAN шини показники витрати палива. Далі необхідно проаналізувати взаємозалежність даних показників.

РОЗДІЛ 4 ОБРОБКА, АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДІННЯ АВТОБУСІВ

4.1 Обробка та аналіз результатів вимірювань на автобусі МАЗ 206086

Для проведення досліджень було обрано автобус МАЗ 206086 (державний реєстраційний номер АМ 1874 АА). Дослідження проводились у вересні 2023 року, де середня температура протягом місяця склала 22 градуси, рис 4.1

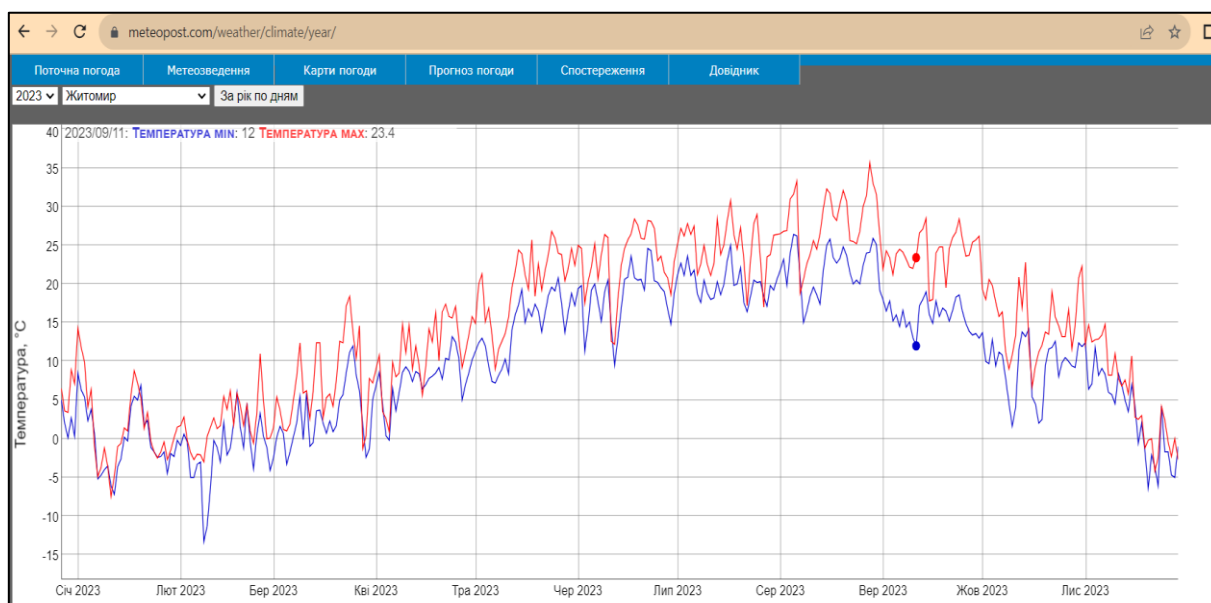


Рис 4.1 Графік зміни температури повітря в м. Житомир у вересні 2023 року

Більшість виїздів протягом місяця автомобіль здійснив на маршруті №44, тому саме цей маршрут обрано базовим для дослідження. Таким чином, дорожні умови для всіх водіїв вважаються рівними.

Для дотримання умов рівномірного завантаження автобусу пасажирями були відкинуті показники виїздів у вихідні дні та проведено дослідження стилю водіння водіїв у будні дні, щоб прирівняти вагу пасажирів.

При проведенні досліджень технічний стан автобуса та тиск шин залишались сталими.

Першою була досліджена взаємозалежність між показником витрати палива водієм за зміну та відсотком натискання на педаль акселератора, взятими з CAN шини автобуса таблиця 4.1

Таблиця 4.1

Взаємозалежність відсотку натискання на педаль акселератора та витратою палива автобуса МАЗ 206086 АМ 1874 АА

№ п/п	День тижня	Дата	Зміна	Маршрут	Водій	Початок зміни	Кінець зміни	% натискання на педаль акселератора за зміну	Середня витрата палива по ДАВТ, л/100 км
1	пн	18.09.2023	2	44	Водій 1	14,32	20,35	53,01	33,58
2	пт	08.09.2023	2	44	Водій 1	15,31	21,25	56,81	34,17
3	пн	11.09.2023	2	44	Водій 1	14,52	20,50	54,47	33,69
4	вт	26.09.2023	2	44	Водій 1	14,13	20,17	54,47	33,42
5	чт	07.09.2023	1	44	Водій 1	6,12	14,51	54,15	33,18
6	ср	13.09.2023	1	44	Водій 3	5,54	14,32	50,50	32,94
7	пт	01.09.2023	1	44	Водій 1	6,12	14,51	52,77	32,25
8	пт	08.09.2023	1	44	Водій 2	6,47	15,30	51,52	32,08
9	вт	12.09.2023	2	44	Водій 4	14,33	20,35	55,38	32,08
10	пт	22.09.2023	1	44	Водій 5	6,47	15,30	51,38	31,42
11	вт	26.09.2023	1	44	Водій 2	6,00	14,12	50,83	31,38
12	вт	12.09.2023	1	44	Водій 3	5,54	14,32	48,45	31,37
13	чт	07.09.2023	2	44	Водій 2	14,52	20,50	48,97	31,17
14	пн	11.09.2023	1	44	Водій 2	6,12	14,51	50,56	31,01
15	пт	01.09.2023	2	44	Водій 6	14,52	20,50	43,87	29,70
16	ср	13.09.2023	2	44	Водій 2	14,33	20,35	47,95	29,44

Як видно з таблиці 4.1 водії, що тиснуть на педаль акселератора від 47% до 50% мають витрату палива в межах 29,7 до 31 л/100 км, водії ж які мають відсоток натискання від 51 до 53% мають витрату палива в межах 32 до 33,58 л/100 км.

Першу частину результатів можна віднести до помірному стилю водіння, який пов'язаний з тим, що дорожні умови змушують водія рухатись з прискореннями, що дозволяють вчасно виконати графік виконання рейсу. Другу частину результатів можна віднести до помірно-агресивного стилю водіння автобусу.

Графічно дану залежність зображено на рис. 4.2

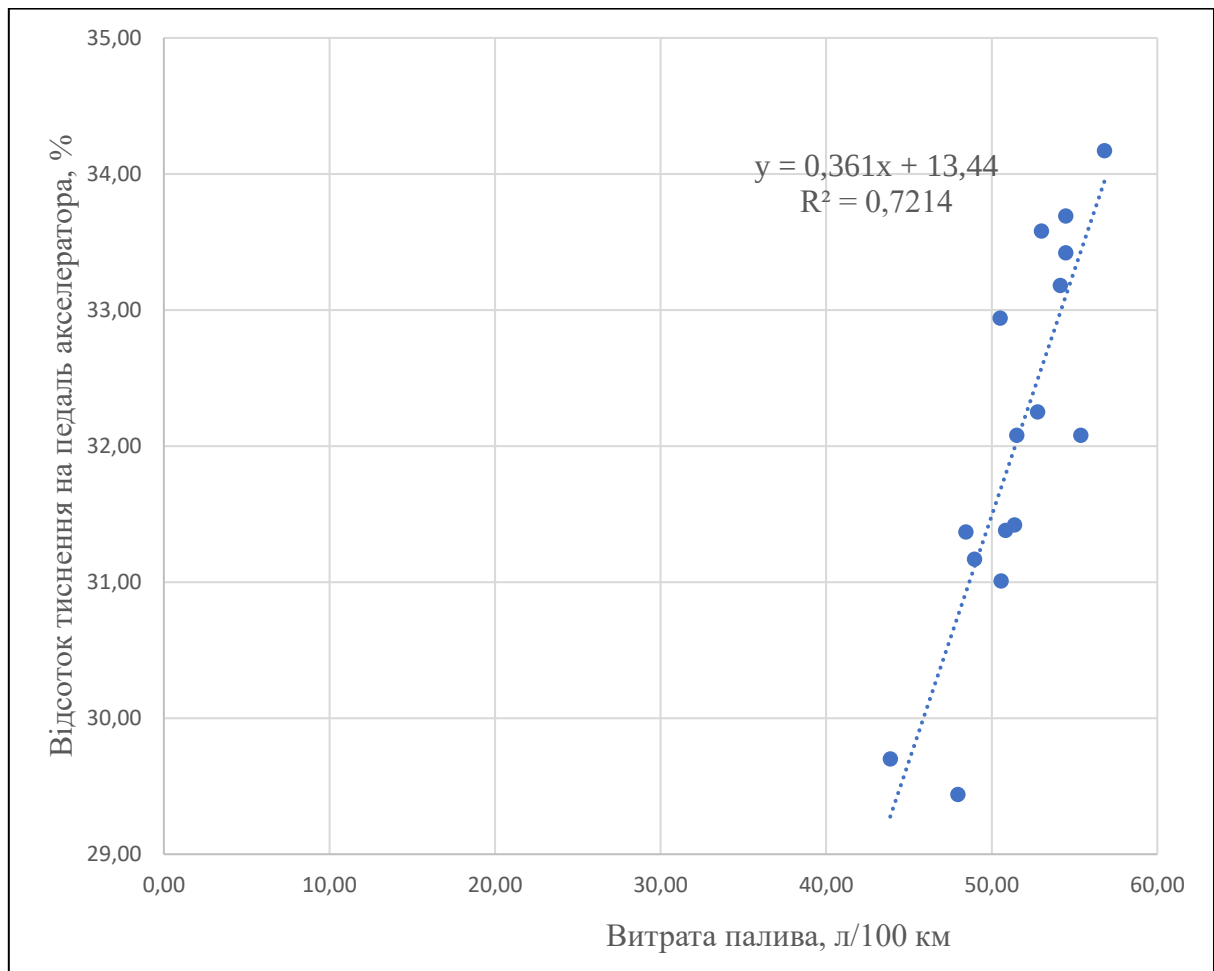


Рис 4.2 Взаємозалежність витрати палива від відсотку натискання на педаль акселератора

Аналіз графіку рисунка 4.2 підтверджує, що при побудові серед масиву показників і проведеної лінії тренду залежність можна виразити за допомогою лінійної формули(4.1)

$$y = 0,361x + 13,44 \quad (4.1)$$

де y – витрата палива, л/100 км

x – відсоток натискання на педаль акселератора водієм, %

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,72, що вказує на наближеність кореляції даних показників один з одним.

Наступним кроком в дослідженні стало введення параметрів в програмне забезпечення для виявлення оптимальної оцінки якості водіння водія за зміну.

Для цього були внесені показники згідно аналізу встановленого алгоритму, перший діапазон прискорень від 0,08 до 0,10g та другий діапазон вище 0,1 g як це подано на рис 4.3

Властивості об'єкта – МАЗ AM1874 AA

Загальне
Доступ
Іконка
Додатково
Датчики
Довільні поля
Група
Команди
Якість водіння

Характеристики
Детектор поїздок
Техобслуговування

Шаблон:

Легковий автомобіль
Додати

Розрахунок прискорення по:

GPS and eco driving parameters

Додати критерій

Назва	Критерій	Мін. знач.	Макс. знач.	Штраф	Додатково
Гальмування: небез...	Гальмування	0.5 g		1	усереднення: По ...
Гальмування: різке	Гальмування	0.5 g	0.7 g	1	усереднення: По ...
Перевищення: сере...	Швидкість	30 км/год	50 км/год	1	усереднення: По ...
Перевищення: силь...	Швидкість	51 км/год		1	усереднення: По ...
Поворот: небезпечн...	Поворот	0.1 g		70	усереднення: По ...
Поворот: різкий	Поворот	0.08 g	0.1 g	48	усереднення: По ...
Прискорення небез...	Прискорення	0.1 g		70	усереднення: По ...
Прискорення: різке	Прискорення	0.08 g	0.1 g	48	усереднення: По ...

Експорт в файл

Відмінити

Добре

Рис.4.3 Параметри прискорень внесені в програмне забезпечення в найменших значеннях показників прискорень з літературних джерел 0,08-0,10g

Результати вимірювань якості водіння були занесені в таблицю 4.2

Таблиця 4.2

Показники витрати палива та оцінка якості водіння автобуса МА3206086
(АМ1874 АА) на маршруті 44 при прискореннях в межах 0,08-0,10g і вище

Дата	Зміна	Водій	Початок зміни	Кінець зміни	% натискання на педаль акселератора зміну	Пробіг, км	Штраф, балів	Оцінка, балів	Кількість порушень	Сер. витрата палива по ДАВТ, л/100 км
18.09.2023	2	Водій 1	14,32	20,35	53,01	101,26	148	3,5	273	33,58
08.09.2023	2	Водій 1	15,31	21,25	56,81	100,96	156	3,4	283	34,17
11.09.2023	2	Водій 1	14,52	20,50	54,47	100,91	142	3,5	259	33,69
26.09.2023	2	Водій 1	14,13	20,17	54,47	106,22	133	3,6	256	33,42
07.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	54,15	122,06	125	3,7	279	33,18
13.09.2023	1	Водій 3	5,54	14,32	50,50	132,05	110	3,9	266	32,94
01.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	52,77	142,63	98	4,0	254	32,25
08.09.2023	1	Водій 2	6,47	15,30	51,52	141,83	104	3,9	268	32,08
12.09.2023	2	Водій 4	14,33	20,35	55,38	101,31	155	3,4	284	32,08
22.09.2023	1	Водій 5	6,47	15,30	51,38	141,63	100	4,0	260	31,42
26.09.2023	1	Водій 2	6,00	14,12	50,83	133,86	101	3,9	248	31,38
12.09.2023	1	Водій 3	5,54	14,32	48,45	130,68	88	4,2	213	31,37
07.09.2023	2	Водій 2	14,52	20,50	48,97	73,78	95	4,1	127	31,17
11.09.2023	1	Водій 2	6,12	14,51	50,56	141,87	92	4,1	242	31,01
01.09.2023	2	Водій 6	14,52	20,50	43,87	100,97	74	4,5	142	29,70
13.09.2023	2	Водій 2	14,33	20,35	47,95	101,89	87	4,2	161	29,44

Графічно дану вибірку можна зобразити за допомогою рисунка 4.4

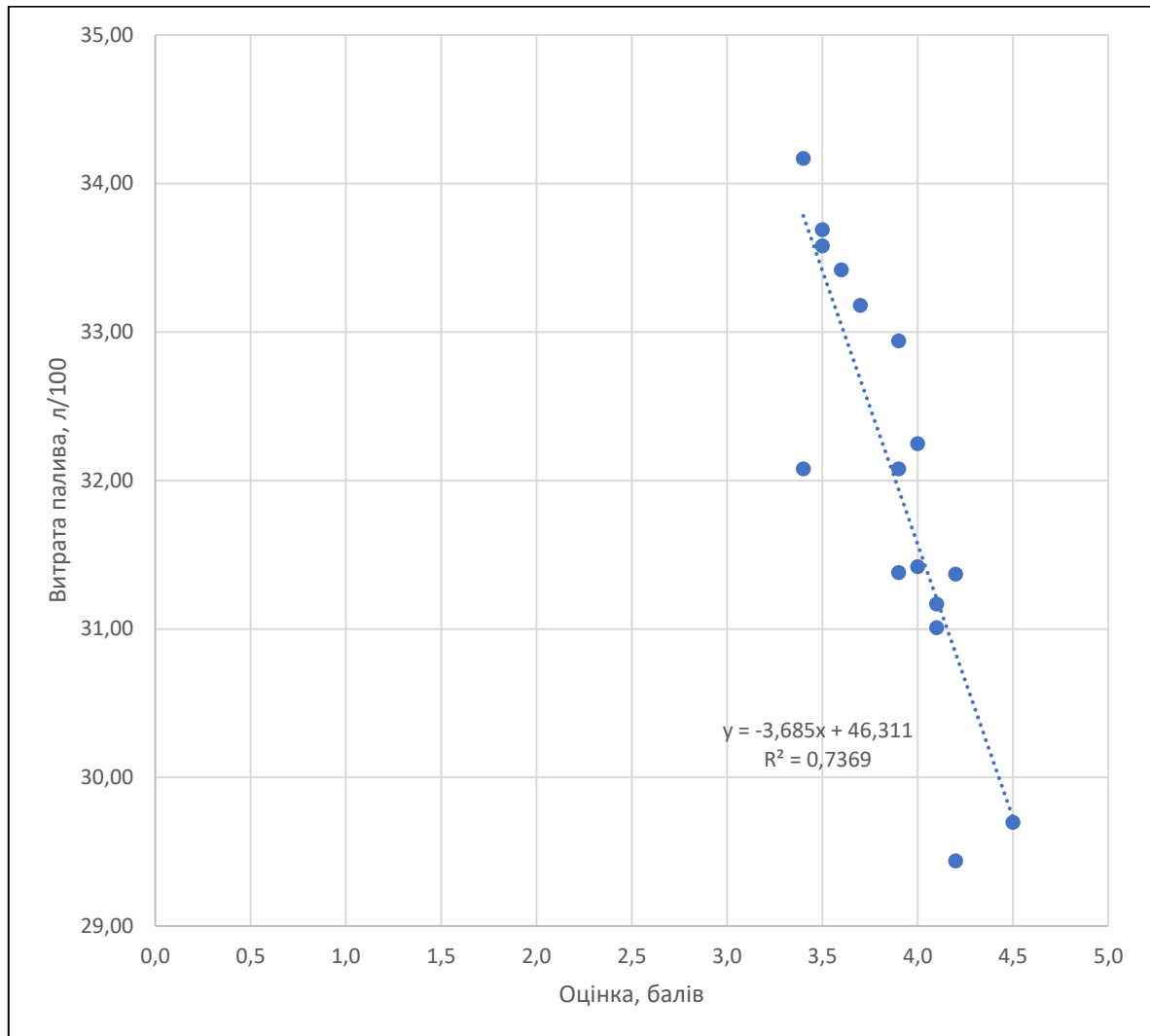


Рис 4.4 Залежність витрати палива від оцінки якості водіння автобуса МАЗ 206086 (АМ 1874 АА) при прискореннях в межах 0,08-0,10g

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,73, що вказує на близьку достовірність кореляції даних показників один з одним, при цьому R^2 близький до показників 0,8-1,0, але не потрапляє у ці межі. Велика кількість порушень прискорень в такій вибірці в подальшому ускладнить аналіз карти прискорень при роботі з водієм. Отже дана середина розбивки на два блоки стилю водіння не підходить для подальшого дослідження при таких показниках прискорень.

Наступним кроком змістилась вибірка показників прискорень в межах від 0,10 до 0,12 згідно спланованого раніше алгоритму дослідження. Для цього в програмне забезпечення внесені показники як це подано на рис. 4.5

Властивості об'єкта – МАЗ АМ1874 АА

Загальне
Доступ
Іконка
Додатково
Датчики
Довільні поля
Група
Команди
Якість водіння

Характеристики
Детектор поїздок
Техобслуговування

Шаблон:
Легковий автомобіль
Додати
Розрахунок прискорення по:
GPS and eco driving parameters

+ Додати критерій

Назва	Критерій	Мін. знач.	Макс. знач.	Штраф	Додатково
Гальмування: небез...	Гальмування	0.5 g		1	усереднення: По ...
Гальмування: різке	Гальмування	0.5 g	0.7 g	1	усереднення: По ...
Перевищення: сере...	Швидкість	30 км/год	50 км/год	1	усереднення: По ...
Перевищення: силь...	Швидкість	51 км/год		1	усереднення: По ...
Поворот: небезпечн...	Поворот	0.12 g		70	усереднення: По ...
Поворот: різкий	Поворот	0.1 g	0.12 g	48	усереднення: По ...
Прискорення небез...	Прискорення	0.12 g		70	усереднення: По ...
Прискорення: різке	Прискорення	0.1 g	0.12 g	48	усереднення: По ...

Експорт в файл
Відмінити
Добре

Рис. 4.5 Параметри прискорень внесені в програмне забезпечення в найбільших значеннях показників прискорень в межах 0,10-0,12g

При внесенні параметрів в таблицю також не враховані показники різких та небезпечних гальмувань і показники перевищення швидкості.

Кількість штрафних балів залишена без змін.

Результати вимірювань якості водіння були занесені в таблицю 4.3

Таблиця 4.3

Показники витрати палива та оцінка якості водіння автобуса МАЗ 206086 (АМ1874АА) на маршруті 44 при прискореннях в межах 0,10-0,12g і вище

Дата	Зміна	Водій	Початок зміни	Кінець зміни	% натискання на педаль акселератора за зміну	Пробіг, км	Штраф, балів	Оцінка, балів	Кількість порушень	Сер. витрата палива по ДАВТ, л/100 км
18.09.2023	2	Водій 1	14,32	20,35	53,01	101,26	48	5,0	92	33,58
08.09.2023	2	Водій 1	15,31	21,25	56,81	100,96	53	4,9	105	34,17
11.09.2023	2	Водій 1	14,52	20,50	54,47	100,91	44	5,1	88	33,69
26.09.2023	2	Водій 1	14,13	20,17	54,47	106,22	43	5,2	88	33,42
07.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	54,15	122,06	36	5,4	86	33,18
13.09.2023	1	Водій 3	5,54	14,32	50,50	132,05	32	5,5	83	32,94
01.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	52,77	142,63	33	5,5	87	32,25
08.09.2023	1	Водій 2	6,47	15,30	51,52	141,83	32	5,5	90	32,08
12.09.2023	2	Водій 4	14,33	20,35	55,38	101,31	48	5,0	95	32,08
22.09.2023	1	Водій 5	6,47	15,30	51,38	141,63	29	5,6	81	31,42
26.09.2023	1	Водій 2	6,00	14,12	50,83	133,86	30	5,6	77	31,38
12.09.2023	1	Водій 3	5,54	14,32	48,45	130,68	24	5,7	62	31,37
07.09.2023	2	Водій 2	14,52	20,50	48,97	73,78	28	5,6	41	31,17
11.09.2023	1	Водій 2	6,12	14,51	50,56	141,87	25	5,7	70	31,01
01.09.2023	2	Водій 6	14,52	20,50	43,87	100,97	17	5,9	33	29,70
13.09.2023	2	Водій 2	14,33	20,35	47,95	101,89	26	5,7	51	29,44

Результати таблиці показують те, що відслідковується залежність середньої витрати палива за зміну та оцінки, що перебувають у вищих межах порівняно з попередньою вибіркою.

Графічно дану вибірку можна зобразити на рис 4.6

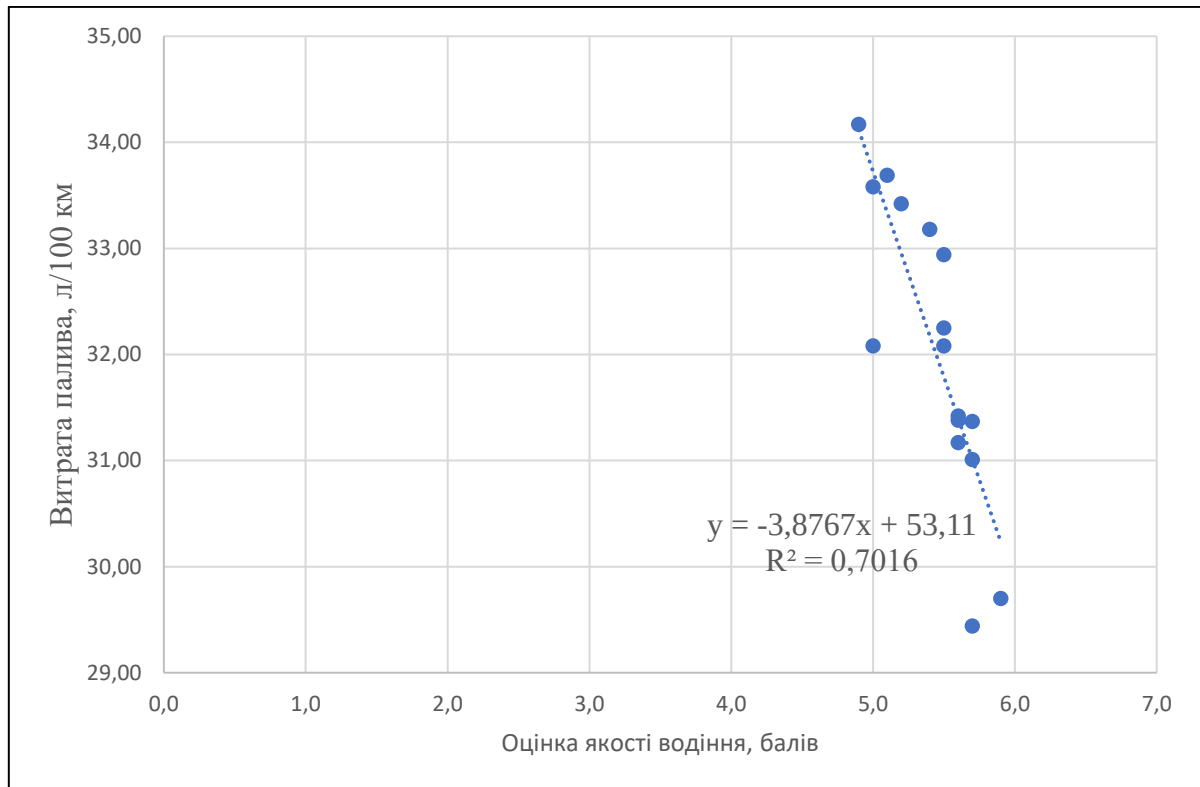


Рис 4.6 Залежність витрати палива від оцінки якості водіння автомобіля МА3206086 (АМ1874АА) при прискореннях в межах 0,08-0,10g

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,70, що вказує на близьку достовірність кореляції даних показників один з одним ніж у вибірці, але не достатня для попадання в діапазон R^2 в межі 0,8-1,0.

Не зважаючи на те, що мала кількість порушень спростить аналіз карти прискорень при роботі з водієм, дана середина розбивки на два блоки стилю водіння не підходить для подальшого дослідження при таких показниках прискорень.

Отже, для подальшого аналізу структури порушень граничних прискорень водіями при виконанні рейсів виберемо наступну здійснену вибірку, де середина розділу вибірки прискорень при формуванні двох стилів водіння лежить в межах третього діапазону параметрів прискорень згідно алгоритму, рис 4.7.

Властивості об'єкта – МАЗ АМ1874 АА

Загальне
Доступ
Іконка
Додатково
Датчики
Довільні поля
Група
Команди
Якість водіння

Характеристики
Детектор поїздок
Техобслуговування

Шаблон:
Легковий автомобіль
Додати
Розрахунок прискорення по:
GPS and eco driving parameters

+ Додати критерій

Назва	Критерій	Мін. знач.	Макс. знач.	Штраф	Додатково
Гальмування: небез...	Гальмування	0.5 g		1	усереднення: По ...
Гальмування: різке	Гальмування	0.5 g	0.7 g	1	усереднення: По ...
Перевищення: сере...	Швидкість	30 км/год	50 км/год	1	усереднення: По ...
Перевищення: силь...	Швидкість	51 км/год		1	усереднення: По ...
Поворот: небезпечн...	Поворот	0.11 g		70	усереднення: По ...
Поворот: різкий	Поворот	0.09 g	0.11 g	48	усереднення: По ...
Прискорення небез...	Прискорення	0.11 g		70	усереднення: По ...
Прискорення: різке	Прискорення	0.09 g	0.11 g	48	усереднення: По ...

Експорт в файл
Відмінити
Добре

Рис 4.7 Параметри прискорень внесені в програмне забезпечення в середніх значеннях показників прискорень 0,09-0,11g

Слід зазначити, що при введенні в програму показників прискорень, були проігноровані заповнення колонок по різкому гальмуванню та перевищенню швидкості, оскільки вони як правило вносять в програму для аналітики безпеки пасажирських перевезень.

Програмне забезпечення OVERSEER дозволяє ввести в програму два блоки для аналітики: перший блок прискорень від певного показника до певного показника і другий блок параметрів прискорень від певного показника і вище.

Тому подальша класифікація стилю водіння також буде складатись з двох видів: помірний стиль водіння та помірно-агресивний.

На третьому етапі введено діапазон гранично різких прискорень в межах від 0,09g до 0,10g включно і всі прискорення, що рівні та вищі за 0,11g, де g – прискорення рівне 9,8 м/с² та округлене до 10 м/с².

За рух в кожному діапазоні вибірок прискорень програма обробляє кількість прискорень, яку протягом зміни допустив водій. Одним з кроків є проставлення штрафних балів за кожне порушення.

Оскільки максимальна оцінка за якісне водіння становить 6,0, то штрафні бали проставлені 48 балів за одне порушення в першому діапазоні та 70 балів, що на 42 % вище за перший блок порушень з прискореннями.

Такий відсоток зміни балів обумовлений тим, що агресивний стиль водіння згідно з літературних джерел може досягати перевищення в витраті палива до 40 %, відповідно і штрафні бали за вищий діапазон порушень нараховуються вищі.

Розрахунок оцінки якості водіння відбувся згідно залежності 4.2, яка за замовчуванням прописана в програмному забезпеченні постачальника.

$$y = \frac{5.4}{\left(\frac{x}{133,3} + 1\right)} + 1, \quad (4.2)$$

де x - кількість штрафних балів,

y — оцінка

Для точної вибірки враховувалась точка зміни водія на іншого водія посеред рейсу, що дало змогу точно розуміти де починається і закінчується робоча зміна кожного з водіїв. Дані про час зміни водіїв на маршруті взяті зі шляхових листів наданих КП ЖТТУ для аналізу.

З програмного забезпечення було отримано показники пробігу, середньої норми витрати палива автобусу за заміну л/100 км, а також оцінку розраховану від кількості усереднених на пробіг штрафних балів та занесено в таблицю 4.4

Таблиця 4.4

Показники витрати палива та оцінка якості водіння автобуса МАЗ 206086 (АМ1874 АА) на маршруті 44 при прискореннях 0,9-0,11g і вище

Дата	Зміна	Водій	Початок зміни	Кінець зміни	% натискання на педаль акселератора за зміну	Пробіг, км	Штраф, балів	Оцінка, балів	Кількість порушень	Сер. витрата палива по ДАВТ, л/100 км
18.09.2023	2	Водій 1	14,32	20,35	53,01	101,26	71	4,5	131	33,58
08.09.2023	2	Водій 1	15,31	21,25	56,81	100,96	75	4,5	139	34,17
11.09.2023	2	Водій 1	14,52	20,50	54,47	100,91	67	4,6	127	33,69
26.09.2023	2	Водій 1	14,13	20,17	54,47	106,22	64	4,7	123	33,42
07.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	54,15	122,06	59	4,8	134	33,18
13.09.2023	1	Водій 3	5,54	14,32	50,50	132,05	50	5,0	122	32,94
01.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	52,77	142,63	53	4,9	137	32,25
08.09.2023	1	Водій 2	6,47	15,30	51,52	141,83	48	5,0	125	32,08
12.09.2023	2	Водій 4	14,33	20,35	55,38	101,31	72	4,5	135	32,08
22.09.2023	1	Водій 5	6,47	15,30	51,38	141,63	42	5,2	107	31,42
26.09.2023	1	Водій 2	6,00	14,12	50,83	133,86	45	5,1	111	31,38
12.09.2023	1	Водій 3	5,54	14,32	48,45	130,68	37	5,3	90	31,37
07.09.2023	2	Водій 2	14,52	20,50	48,97	73,78	42	5,2	57	31,17
11.09.2023	1	Водій 2	6,12	14,51	50,56	141,87	42	5,2	111	31,01
01.09.2023	2	Водій 6	14,52	20,50	43,87	100,97	29	5,6	57	29,70
13.09.2023	2	Водій 2	14,33	20,35	47,95	101,89	33	5,5	64	29,44

Результати таблиці 4.4 показують те, що водії, які мають оцінку якості водіння в межах 4,5-5,0 балів мають витрату палива в межах 32 до 33,5 л/100 км, а водії які мають оцінку в межах від 5,1 до 5,5 балів мають витрату палива в межах від 29,4 до 31,5л/100км. Паралельно помітно і залежність двох факторів, що впливають на витрату палива.

Водії, які тиснуть на педаль акселератора від 51 до 55 % мають оцінку від 4,5 до 5,0 балів, водії які тиснуть на педаль акселератора від 47 до 50 % мають оцінку від 5,0 до 5,5 балів. Графічне відображення взаємозв'язку витрати палива від оцінки якості водіння дає чітке уявлення про ступінь кореляції цих показників, як це показано на рис.4.8

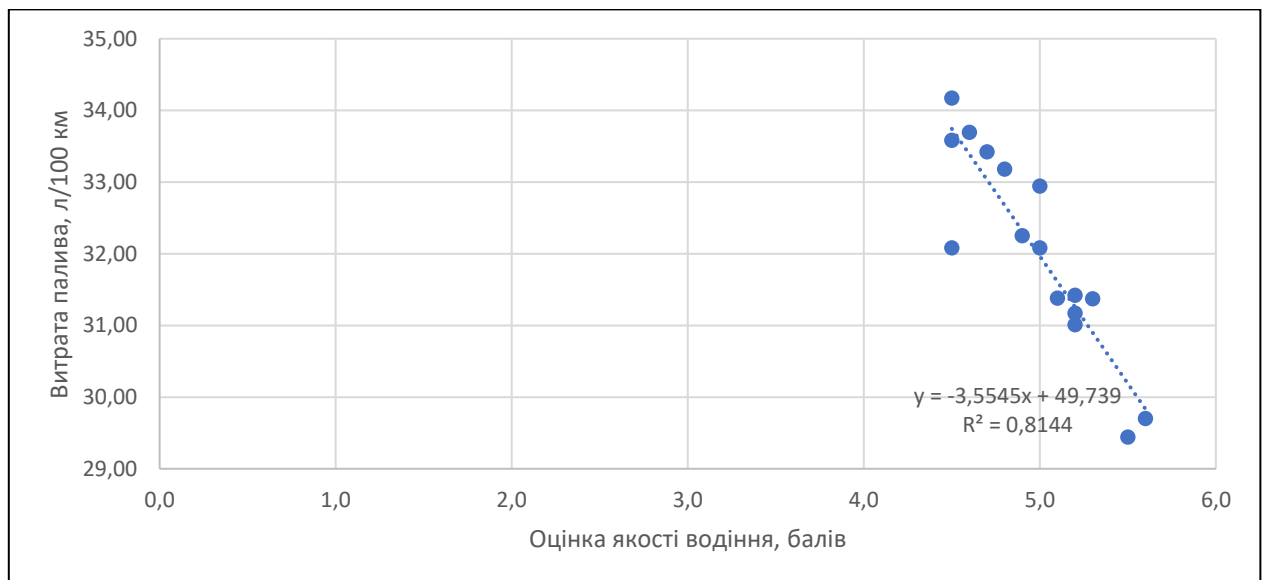


Рис 4.8 Залежність витрати палива від оцінки якості водіння автомобіля МАЗ 206086 (АМ 1874 АА) при третьому блоці параметрів згідно встановленого алгоритму

Аналіз графіку рисунка 4.9 підтверджує, що при побудові серед масиву показників і проведеної лінії тренду залежність можна виразити за допомогою лінійної формули(4.3)

$$y = -3,5545x + 49,739 \quad (4.3)$$

де y – витрата палива, л/100 км

x – оцінка якості водіння балів

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,81, що вказує на те, що достовірність кореляції даних показників один з одним, де R^2 є в межах 0.8-1.0.

4.2 Детальний аналіз структури порушень граничних показників прискорень

Детальний аналіз маршруту за 01.09.2023 року з 14.52 по 20.50 показує те, що водієм 6 було здійснено 57 порушень помірно-допустимих показників прискорень в межах 0,9-0,10g. При цьому водію нараховано 29 штрафних балів, пробіг склав 101км. Оцінка 5,6 балів. При цьому поворот небезпечний – 1 шт., поворот різкий – 20 шт., прискорення небезпечне 9 шт., прискорення різке – 27 шт. Небезпечними вважається згідно вибірки другий діапазон 0,11g і вище, а від 0,9 до 0,10 включно – різким прискоренням. Прискорення з першого блоку різких прискорень всього склали 47 шт, прискорення небезпечні 10 шт. Співвідношення у відсотках складає: різкі прискорення – 82,5%, небезпечні прискорення – 17,5 %. Графічно це можна зобразити на рис. 4.9

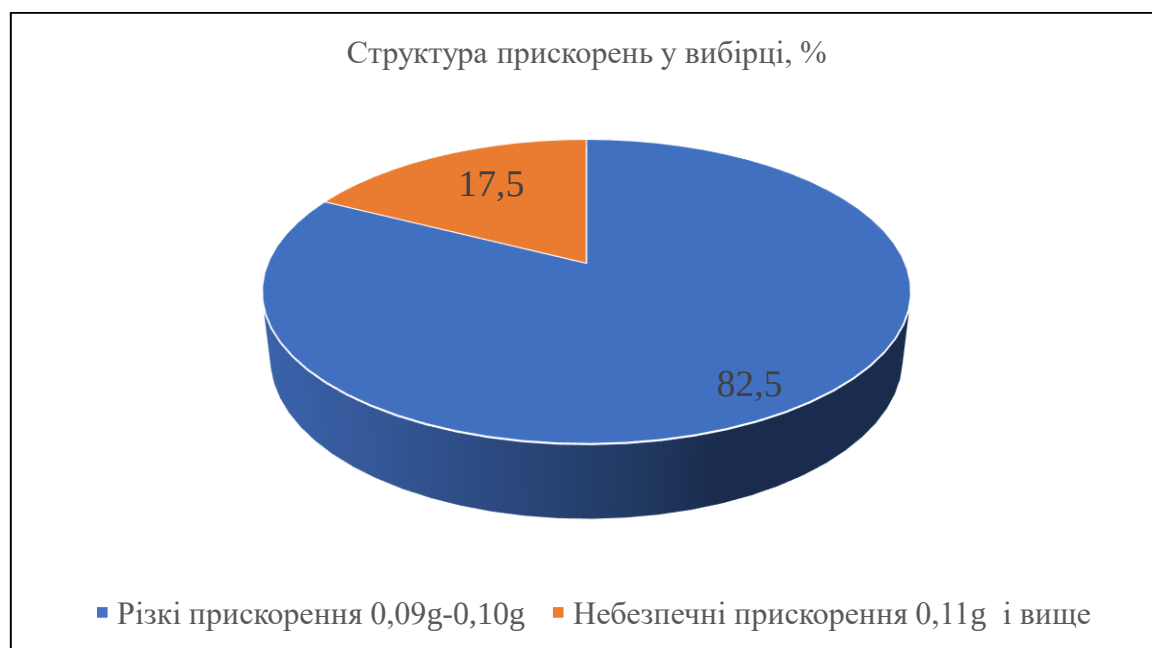


Рис 4.9 Співвідношення різких і небезпечних прискорень при оцінці водія - 5,6

Детальний аналіз діаграми маршруту за 08.09.2023 року з 15.31 по 21.25 показує те, що водієм 1 було здійснено 139 порушень помірно-допустимих показників прискорень в межах 0,9-0,10g. При цьому водію нараховано 71 штрафних балів, пробіг склав 101 км. Оцінка – 4,5 бали. При цьому поворот небезпечний – 11 шт., поворот різкий – 18 шт., прискорення небезпечне 30 шт., прискорення різке – 80 шт.

Небезпечними вважається згідно вибірки другий діапазон 0,11g і вище, а від 0,9 до 0,10 включно – різким прискоренням.

Прискорення з першого блоку різких прискорень всього склали 98 шт, прискорення небезпечні 41 шт. Співвідношення у відсотках складає: різкі прискорення – 70,5%, небезпечні прискорення – 29,5 %. Графічно це можна зобразити на рис. 4.10



Рис 4.10 Співвідношення різких і небезпечних прискорень з оцінкою водія – 4,5 бали

Аналіз діаграми рисунка 4.9 і 4.10 показує те, що водій з гіршою оцінкою 4,5 бали і помірно-агресивним стилем водіння має 30 % небезпечних прискорень за зміну, тоді як водіння в помірному стилі з оцінкою 5,5 бали має в структурі 17,5 %.

Відіграє роль також і частота здійснених прискорень в діапазоні вибірки. Так водій 1 протягом виконання рейсу допустив 139 порушень, в той час як водій 6 допустив 57 порушень як це подано на рис 4.11

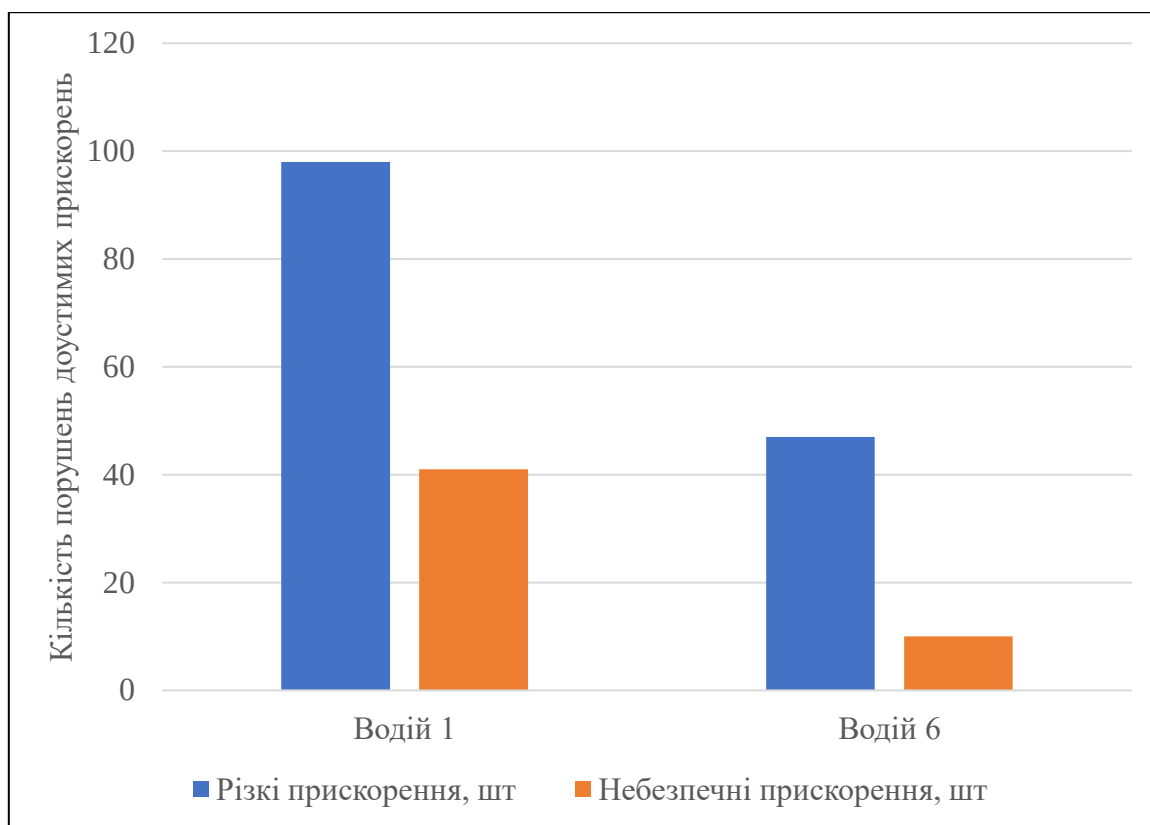


Рис 4.11 Структура порушень допустимих прискорень при різних стилях водіння

Отже, якщо водій протягом зміни буде виконувати більшу кількість небезпечних прискорень навіть в діапазоні різких прискорень 0,9-0,10g, а не небезпечних прискорень 0.11g і вище, то в результаті аналізу стилю водіння його манера водіння може бути віднесена до помірно-агресивного стилю водіння.

Для пропрацювання з водієм питання кількості і ступеня небезпечних прискорень, під час виконання ним рейсу програмне забезпечення OVERSEER дозволяє деталізувати на карті, де саме в межах маршруту він допустив різке входження в поворот чи різке прискорення так як це вказано на рис. 4.11

Наприклад, дослідження маршруту за 01.09.2023 року з 14.52 по 21.00 показує те, що водієм 6 було здійснено 57 порушень і проаналізовано в яких точках маршруту він допустив порушення небезпечних прискорень та в межах яких показників, рис 4.12 та рис 4.13.

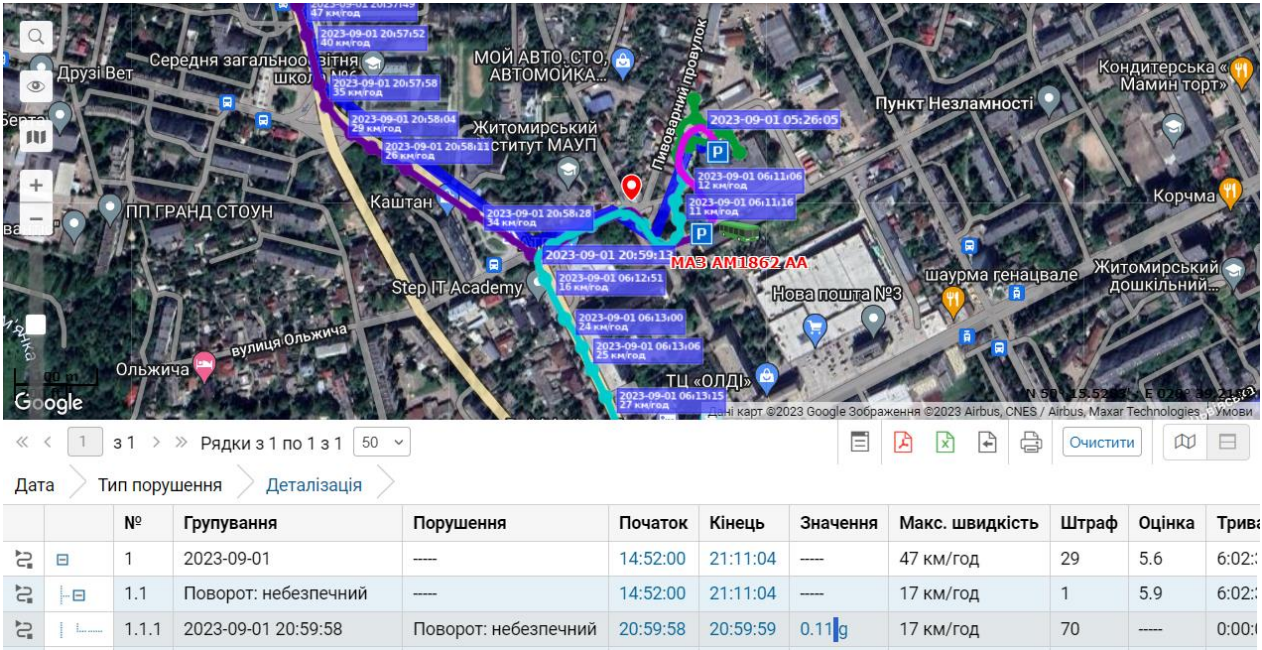


Рис 4.12 Допущені порушення допустимих прискорень при входженні в поворот на карті

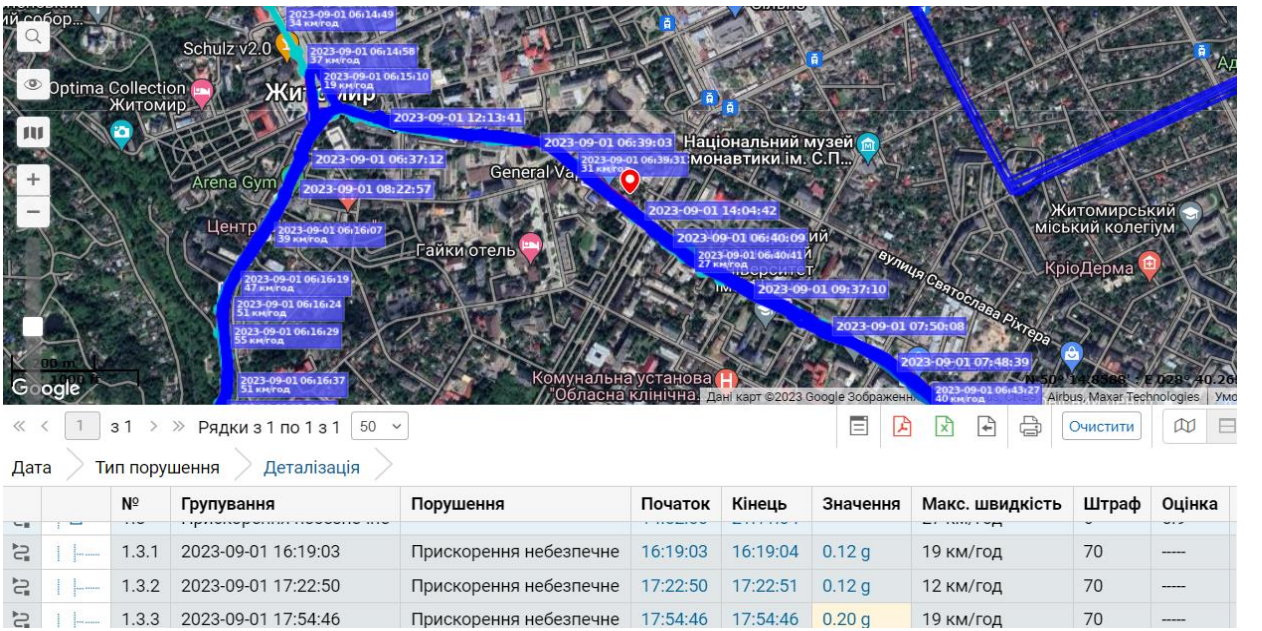


Рис 4.13 Допущені порушень допустимих прискорень на карті

Аналіз треку з рисунку 4.12 показує те, що водій допустив небезпечний поворот при поверненні з рейсу о 20.59 на місце стоянки в розмірі 0,11g та допустив небезпечне прискорення (рис 4.13) по вул. Великий Бердичівській о 17.54 в розмірі 0,20 g.

В цілому водії, які мають за час виконання рейсу до 60 порушень мають оцінку в межах 5,5 балів, водії, які виконують 130 порушень прискорень мають оцінку 4,5 балів.

Підібравши оптимальну вибірку прискорень різких від 0,9g включно до 0,11g та від 0,11g включно і вище при аналізі стилю водіння автобусу МАЗ 206086 (AM1874AA) далі було застосовано такі ж параметри для оцінювання стилю водіння автобусу МАЗ 20686 (AM1874AA) на 33 маршруті у вересні 2023 року у будні дні, таблиця 4.5

Таблиця 4.5

Показники оцінювання стилю водіння автобусу МАЗ 20686 (AM1874AA) на 33 маршруті в м. Житомир

Дата	Зміна	Маршрут	Водій	Початок зміни	Кінець зміни	% натискання на педаль за зміну	Пробіг, км	Середня витрата палива по ДАВТ	Штраф, балів	Оцінка, балів	К-ть порушень, балів
05.09.2023	1	33	Водій 1	5,42	14,54	50,31	149,92	33,02	50	5,0	140
05.09.2023	2	33	Водій 2	14,55	20,52	46,67	105,50	30,81	40	5,3	80
06.09.2023	1	33	Водій 1	6,17	15,29	51,76	155,40	33,14	56	4,8	161
06.09.2023	2	33	Водій 2	15,30	21,27	44,10	105,19	30,42	25	5,7	47
15.09.2023	2	33	Водій 2	15,29	21,27	44,47	102,89	29,16	46	5,1	87
25.09.2023	1	33	Водій 2	6,17	15,29	43,59	144,81	30,73	33	5,5	87
25.09.2023	2	33	Водій 1	15,30	21,27	49,96	102,72	32,61	45	5,1	88
27.09.2023	1	33	Водій 2	6,17	15,29	43,01	119,77	30,48	22	5,8	49
27.09.2023	2	33	Водій 1	15,30	21,27	50,11	102,54	32,67	36	5,4	69

Результати таблиці 4,5 показують те, що на тому самому автобусі МАЗ 206086 (АМ 1874 АА) працювали ті самі водії тільки вже на 33 маршруті і витрата палива зменшувалась при кращій оцінці. Графічно дану залежність відобразимо на рис 4.14

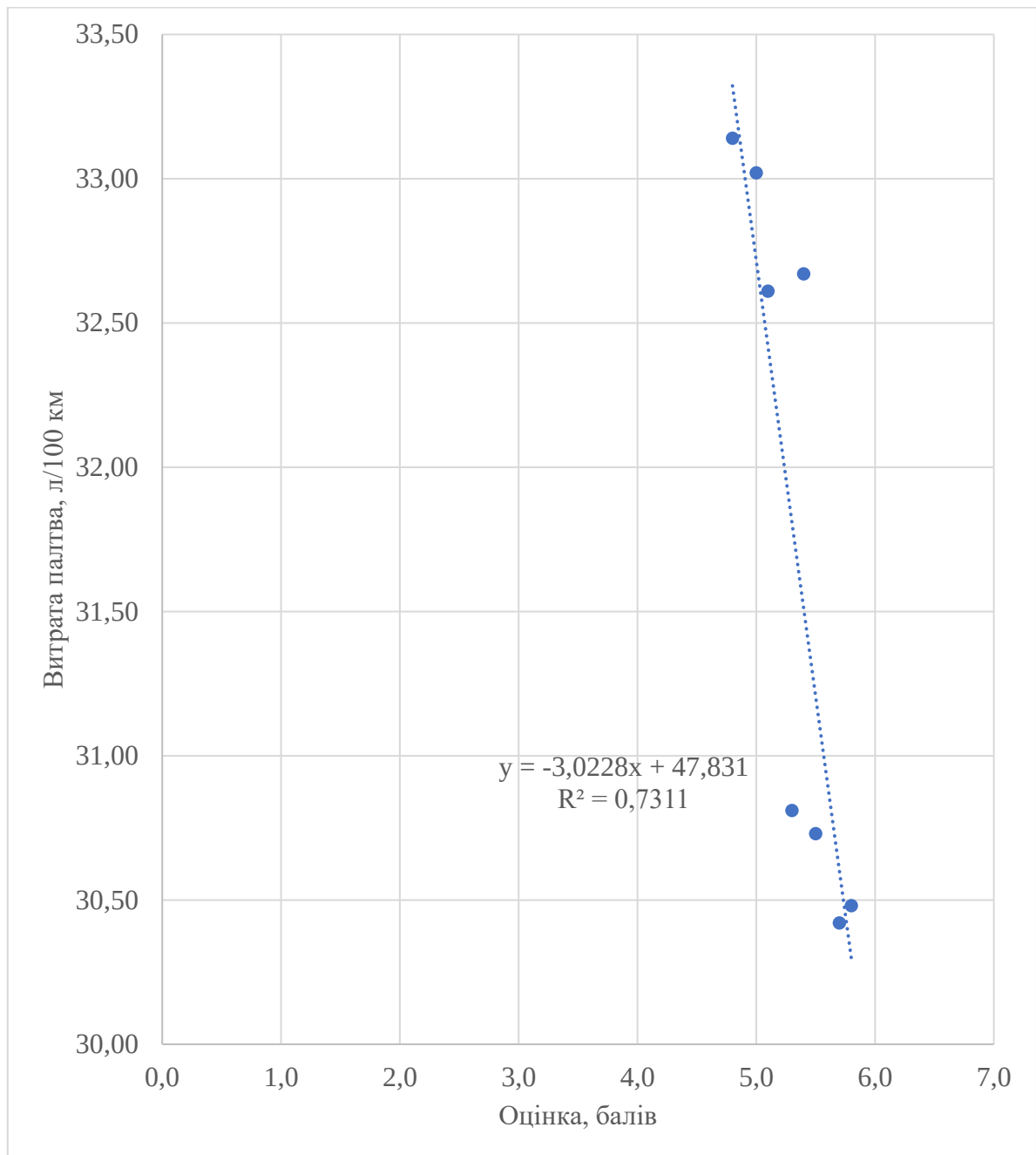


Рис 4.14 Залежність витрати палива від оцінки якості водіння автомобіля АМ1874АА при прискореннях в межах 0,09-0,11g на маршруті 33

Аналіз графіку рисунка 4.14 підтверджує, що при побудові серед масиву показників і проведеної лінії тренду залежність можна виразити за допомогою лінійної формули формули (4.4)

$$y = 3,0228x + 47,831 \quad (4.4)$$

де y – витрата палива, л/100 км

x – оцінка якості водіння балів

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,73, що вказує на близькість достовірності кореляції даних показників один з одним.

Порівнюючи два дослідження на різних маршрутах та почергово підставляючи значення оцінки наприклад 5,0 у дві формули маємо такий результат:

Для маршруту 44 згідно залежності (4.3): $y = -3,5545 * 5,0 + 49,739 = 31,96$ л/100км

Для маршруту 33 згідно залежності (4.4): $-3,0228 * 5,0 + 47,831 = 32,71$ л/100км

Похибка у вимірюваннях впливу стилю водіння на витрату палива склала $32,71 - 31,96 = 0,75$ л/100 км, що по відношенню до загальної витрати палива 32,3 л/100 км складає 2,32 %.

Це насамперед пов'язане з неоднаковими умовами дорожньої обстановки: різною кількістю зупинок, перехресть, поворотів. Тобто на різних маршрутах водій має різну структуру масиву порушень прискорень та їх кількості.

Отже аналіз стилю водіння на двох маршрутах проводився на автомобілі з однаковим технічним станом, одними і тими ж водіями на різних маршрутах при однаковому температурному режимі повітря протягом місяця, в будні дні, коли завантаженість маршрутів вважається близькою до рівної.

Оскільки при проведенні дослідження є похибка в 2,34%, тому при впровадженні даної системи оцінювання якості водіння необхідно буде методом підбору по вказаному в даній роботі алгоритму встановлювати межу вибірки граничних прискорень індивідуально для кожного з 2-х варіантів оцінювання якості водіння, провівши контрольні вибірки прискорень за певний період часу.

Виявлені залежності дозволяють керівнику підприємства-перевізника аналізувати стиль водіння водіїв автобусів та прогнозувати витрати на виконання рейсу.

На прикладі автомобіля MA3206086 (AM 1874 AA) спрогнозуємо витрати палива для водія 1 при умові, що він управляв би автомобілем з манерою водіння як у водія 2 на 44 маршруті, таблиця 4.6

Таблиця 4.6

Прогнозування витрат палива водіями під час виконання рейсу при кращих оцінках якості водіння

Дата	Зміна	Водій	Початок зміни	Кінець зміни	Пробіг, км	Діюча оцінка, балів	Середня витрата палива по ДАВТ, л/100 км	Прогнозна оцінка, балів	Прогнозна середня витрата палива по ДАВТ, л/100 км	Діючі витрати палива, л	Прогнозовані витрати палива, л
01.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	143	4,9	32,3	5,5	30,2	46,0	43,1
07.09.2023	1	Водій 1	6,12	14,51	122	4,8	33,2	5,5	30,2	40,5	36,8
26.09.2023	2	Водій 1	14,13	20,17	106	4,7	33,4	5,5	30,2	35,5	32,1
11.09.2023	2	Водій 1	14,52	20,50	101	4,6	33,7	5,5	30,2	34,0	30,5
18.09.2023	2	Водій 1	14,32	20,35	101	4,5	33,6	5,5	30,2	34,0	30,6
08.09.2023	2	Водій 1	15,31	21,25	101	4,5	34,2	5,5	30,2	34,5	30,5
12.09.2023	2	Водій 3	14,33	20,35	101	4,5	32,1	5,5	30,2	32,5	30,6
Разом:					775					257	234

Результати таблиці 4.6 показують те, що економія від зміни стилю водіння водія 1 та водія 3 від помірно-агресивного до помірного стилю як у водія водія 2. , привела б до економії палива у розмірі 23 літри дизельного палива при ціні 52 грн/літр за 7 виконаних змін на суму 1196 грн.

Щомісячна вартість акаунту користування послугами компанії OVERSEER складає 120 грн за один автомобіль на місяць.

4.3 Висновки до розділу 4

Згідно встановленого алгоритму були отримані та оброблені результати параметрів прискорень та їх вплив на оцінку якості водіння і як результат на витрату палива автобусів МАЗ 206086 в умовах експлуатації в межах м. Житомир на маршрутах №33 та №44. Дослідження проводились у вересні 2023 року, де середня температура протягом місяця склала 22 градуси. Більшість виїздів протягом місяця автомобіль здійснив на 44 маршруті, тому саме цей маршрут обрано базовим для дослідження. Таким чином, температурні умови для всіх водіїв вважаються рівними. Для дотримання умов рівномірного завантаження автобусу пасажирями були відкинуті показники виїздів у вихідні дні та проведено дослідження стилю водіння водіїв у будні дні. При проведенні досліджень технічний стан автобуса та тиск у шинах залишались сталими. Першою була досліджена взаємозалежність між показником витрати палива водієм за зміну та відсотком натискання на педаль акселератора, взятими з CAN шини автобуса. Водії, що тиснуть на педаль акселератора від 47% до 50% мають витрату палива в межах 29,7 до 31 л/100 км, водії ж які мають відсоток натискання від 51 до 53% мають витрату палива в межах 32 до 33,58 л/100 км. Першу частину результатів пропонується віднести до помірнього стилю водіння, який пов'язаний з тим, що дорожні умови змушують водія рухатись з прискореннями, що дозволяють вчасно виконати графік виконання рейсу. Другу частину результатів можна віднести до помірно-агресивного стилю водіння автобуса. Дослідження графіку рисунка 4.2 підтверджує, що при збільшеному відсотку натискання на педаль акселератора збільшується витрата палива за допомогою лінійної формули (4.1)

$$y = 0,361x + 13,44 \quad (4.1)$$

де y – витрата палива, л/100 км

x – відсоток натискання на педаль акселератора водієм, %

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,72, що вказує на наближеність кореляції даних показників один з одним. Наступним кроком в дослідженні стало введення параметрів в програмне забезпечення для виявлення оптимальної оцінки якості водіння водія за зміну.

Для цього були внесені показники згідно аналізу встановленого алгоритму:

- 1) перший діапазон прискорень від 0,08 до 0,10g та другий діапазон вище 0,10 g;
- 2) перший діапазон прискорень від 0,10 до 0,12g та другий діапазон вище 0,12 g
- 3) перший діапазон прискорень від 0,09 до 0,11g та другий діапазон вище 0,11 g

Результати дослідження перших двох блоків вибірок показали, що величина вірогідності апроксимації на діаграмах складає від 0,70 до 0,80. Тому, обидва результати потребували доуточнення проведенням третьої вибірки. Аналіз таблиці 4.2 показує, що водії, які мають оцінку якості водіння в межах 4,5-5,0 балів мають витрату палива в межах 32 до 33,5 л/100 км, а водії які мають оцінку в межах від 5,1 до 5,5 балів мають витрату палива в межах від 29,4 до 31,5л/100км. Паралельно помітно і залежність двох факторів, що впливають на витрату палива. Водії, які тиснуть на педаль акселератора від 51 до 55 % мають оцінку від 4,5 до 5,0 балів, водії які тиснуть на педаль акселератора від 47 до 50 % мають оцінку від 5,0 до 5,5 балів.

Залежність витрати палива від оцінки якості водіння автомобіля МАЗ 206086 при третьому блоці параметрів згідно встановленого алгоритму: перший діапазон прискорень від 0,09 до 0,11g та другий діапазон вище 0,11 g виглядає так:

$$y = -3,5545x + 49,739 \quad (4.3)$$

де y – витрата палива, л/100 км

x – оцінка якості водіння балів

Величина вірогідності апроксимації на діаграмі складає 0,81, що вказує на те, що достовірність кореляції даних показників один з одним, де R^2 є в межах 0.8-1.0.

Дослідження діаграми рисунку 4.9 показує те, що водій автомобіля АМ1874 АА задіяний на 44 маршруті, з гіршою оцінкою 4,5 бали і помірно-агресивним стилем водіння має 30 % небезпечних прискорень за зміну, тоді як водіння в помірному стилі з оцінкою 5,5 бали має в структурі 17,5 % небезпечних прискорень. Відіграє роль також і частота здійснених прискорень в діапазоні вибірки. Якщо водій протягом зміни буде виконувати більшу кількість прискорень навіть в діапазоні різких прискорень 0,9-0,10g, а не небезпечних прискорень 0.11g і вище, то в результаті аналізу стилю водіння його манера водіння може бути віднесена до помірно-агресивного стилю водіння, а не до помірного стилю.

Для пропрацювання з водієм питання кількості і ступеня небезпечних прискорень, під час виконання ним рейсу програмне забезпечення OVERSEER дозволяє деталізувати на карті, де саме в межах маршруту він допустив різке входження в поворот чи різке прискорення. В цілому водії, які на 44 маршруті мають за час виконання рейсу до 60 порушень мають оцінку в межах 5,5 балів, водії, які виконують 130 порушень прискорень мають оцінку 4,5 балів. Підібравши оптимальну вибірку прискорень різних від 0,9g включно до 0,11g та від 0,11g включно і вище, при аналізі стилю водіння автобусу АМ 1874 АА далі було застосовано такі ж параметри для оцінювання стилю водіння автобусу АМ1874АА на 33 маршруті у вересні 2023 року у будні дні.

Порівнюючи два дослідження на різних маршрутах та почергово підставляючи значення оцінки наприклад 5,0 у дві формули маємо такий результат:

Для маршруту 44 згідно залежності (4.2): $y = -3,5545 * 5,0 + 49,739 = 31,96$ л/100км

Для маршруту 33 згідно залежності (4,3): $y = -3,0228 * 5,0 + 47,831 = 32,71$ л/100км

Похибка у вимірюваннях впливу стилю водіння на витрату палива склала $32,71 - 31,96 = 0,75$ л/100 км, що по відношенню до загальної витрати палива 32,3 л/100 км складає 2,32 %. Це насамперед пов'язане з неоднаковими умовами дорожньої обстановки на маршрутах 33 і 44: різною кількістю зупинок, перехресть, поворотів. Тобто на різних маршрутах водій має різну структуру масиву порушень прискорень та їх кількості. Оскільки при проведенні дослідження є похибка в 2,34%, тому при впровадженні даної системи оцінювання якості водіння необхідно буде методом підбору по вказаному в даній роботі алгоритму встановлювати межу вибірки граничних прискорень індивідуально для кожного маршруту в м. Житомир окремо, провівши контрольні вибірки прискорень за певний період часу. Виявлені залежності дозволяють керівнику підприємства-перевізника аналізувати стиль водіння водіїв автобусів та прогнозувати витрати на виконання рейсу. Отже, проведені дослідження дозволяють розділити стиль водіння водіїв автобусів на помірний та помірно-агресивний стиль водіння.

ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Враховуючи різні умови експлуатації автобусів в різних містах, необхідно було знайти такі межі прискорень, які якнайкраще диверсифікують стилі водіння водіїв окремо для міських пасажирських перевезень в м. Житомир, окремо на маршруті №44 та №33. Різкі прискорення лежать в межах 0,09-0,10g, небезпечні прискорення – в межах від 0,11g і вище. Такий розподіл дав можливість класифікувати два стилі водіння водіїв автобусів як помірний та помірно-агресивний стиль.

Ввівши шестибальну систему оцінювання якості водіння проведено кореляцію, яка підтверджує те, що водії чий оцінки якості водіння мають оцінку від 5,1 до 5,5 балів, мають нижчу витрату палива від 29,4 до 31,5л/100 км пробігу. Водії, чия оцінка є в межах 4,5-5,0 балів мають вищу витрату палива від 32 до 33,5 л/100 км. Визначено математичну залежність між якісними показниками стилю водіння і витратою палива. Дана залежність підтверджена на обох маршрутах. Вона дозволяє прогнозувати зменшення витрати палива при проведенні роботи з водіями щодо корекції стилю водіння.

КП ЖТТУ пропонується застосувати технологію оцінки якості водіння на постійній основі для моніторингу помірного і помірно-агресивного стилю водіння, провести з водіями профілактичну роботу з метою корекції манери водіння автобусу з метою зменшення витрати палива автобусами під час виконання рейсів. Перший варіант рекомендації передбачає закупку трекерів, використаних в даному дослідженні Teltonika FMB 140 та підключення їх до програмного забезпечення компанії Overseer по технології GPS.

Другий варіант передбачає використання діючих трекерів BI TREK 920 Connect шляхом зміни налаштувань відправки даних з трекерів одночасно і на діючий сервер програмного забезпечення Dozor і на сервер програмного забезпечення компанії Overseer, придбавши акаунти. Трекери підключити до CAN-шини автобусів.

Період окупності додаткових витрат на збільшення спожитого інтернет трафіку в другому варіанті при відправці повідомлень паралельно на два сервери та придбаного акаунту в компанії Overseer складе менше одного місяця на один автомобіль.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Задрикін А. О. Розробка нечіткої системи прогнозування витрат палива автомобіля на основі даних про стиль водіння та параметри дороги / А. О. Задрикін // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : тези доповідей 27-го Міжнародного молодіжного форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 7. – С. 129–130.
2. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / Майдан, 2018. 262 с. ISBN 978-966-372-704-2, с.36
3. О.П. Кухарчук, к.т.н В.П. Шумляківський, В.Є. Титаренко, Державний університет «Житомирська політехніка» Фактор людини у питанні підвищення ефективності експлуатації міського громадського транспорту УДК 629.3.015.6:504.05 DOI: [https://doi.org/10.26642/tn-2019-1\(83\)-18-24](https://doi.org/10.26642/tn-2019-1(83)-18-24)
4. Md Rohani M. Bus Driving Behaviour and Fuel Consumption: thesis for the degree of Doctor of Philosophy / M. Md Rohani. – Southampton. – 2012. – P. 116–136.
5. Потреба в технологіях еко-водіння у міському громадському транспорті , Луцький національний технічний університет 43018, Україна, м. Луцьк, вул. Львівська, 75 © І. Слатов, І. Мурований, 2023 <https://doi.org/10.23939/tt2023.01.073> (англійською).
6. Ма. Х., Се. Х., Браун, Д. (2017). Екосистема допомоги водієві для автобуса з механічною коробкою передач на основі машинне навчання. Транзакції IEEE щодо інтелектуальних транспортних систем, 19(2), 572–581. doi: 10.1109/TITS.2017.2775633 (англійською).
7. Кім К., Парк Дж. та Лі Дж. (2021). Покращення паливної економічності міських автобусів із розвитком екоуправління алгоритмом оцінки за допомогою машинного навчання. Енергії, 14(15), 4471. doi: 10.3390/en14154471 (англійською).
8. Електронне джерело. Алгоритм машинного навчання. Отримано з: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/machinenavchannya-algoritm> (англійською мовою).

9. Сюн, С., Се, Х., і Тонг, К. (2018). Наслідки використання екологічної системи допомоги водієві для міського автобуса стиль водіння.IFAC-PapersOnLine,51(31), 331–336. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.10.069 (англійською).
- 10.Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: ЛНТУ, 2022.–№1(18).–193с.
- 11.Рудзінський В.В., Маяк М.М., Мельничук С.В, Шумляківський В.П., ст. До питання вибору техніко-експлуатаційних параметрів автобусів для роботи на міських пасажирських маршрутах, Житомирський державний технологічний університет, Вісник ЖДТУ серія Технічні науки.
- 12.Шуклінов, С. М., Ужва, А. В., Лисенко, М. Р., Тищенко, А. М., & Новікова, Є. Б. (2021). Граничне прискорення автомобіля. Автомобільний транспорт, (49), 13–22. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2021.49.0.02>
- 13.Волков, В. П. (2003). Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навч. посіб-ник. Харків: ХНАДУ. (2003).
- 14.Сітовський О.П., Дембіцький В.М., Мазилюк П.В., Медведєв І.І. (2018). Оцінка паливної економічності міських автобусів у виїздному циклі приведеному до реальних умов руху / О.М. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті.,1(10), 112–116. (укр.).
15. Крайник Л.В. Алгоритм моделювання руху автобусів у типових їздових циклах та особливості розрахунку лінійної витрати палива / Л.В. Крайник, М.Ф. Боднар // Вісник НУЛП. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2011. – № 701. – С. 38–42
16. Бортницкий П. И. Тягово-скоростные качества автомобилей / П. И. Бортницкий, В. И. Задорожний. – К. : Вища школа, 1978. – 176 с.
17. Подригало М. А. Тяговый баланс или дисбаланс автомобиля / М. А. Подригало // Автомобильная промышленность. – М. : Машиностроение, 2010. – № 5. – С. 23–26.

18. Динамічні властивості і стабільність функціонування автотранспортних засобів : монографія / Д. В. Абрамов, Н. М. Подригало, М. А. Подригало [та ін.] ; під ред. М. А. Подригало і О. С. Полянського. – Х. : ХНАДУ, 2014. – 204 с.
19. Кайдалов Р.О., Подригало М.А, Раціональна динамічна характеристика автомобіля УДК 629.017, ВНТУ, 2017
20. Боднар М.Ф., Митник Я.Ф. Експериментальна оцінка експлуатаційної витрати палива автобуса малого класу на приміському маршруті- Автошляховик України, 2012 - irbis-nbuv.gov.ua
21. Мармут, АА Кашканов, ВА Кашканов. Розробка нормативів витрат палива для міських автобусів та рекомендацій щодо ефективності їх використання ВНТУ, 2023 - vmt.vntu.edu.ua
22. Говорущенко М. Я. Системотехніка автомобільного транспорту (розрахункові методи досліджень): монографія. Харків: ХНАДУ, 2011. 292 с.
23. Особливості забезпечення нормування показників і керування паливною економічністю транспортного засобу в умовах експлуатації / І. В. Грицук та ін. Вісник машинобудування та транспорту: науковий журнал ВНТУ. 2022. № 1(15). С. 52–58.
24. Кривошапов С. І. Вдосконалення існуючої методики нормування витрат палива дорожньо-транспортних засобів. Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики: монографія / ред. І. Грицука. Херсон,: ХДМА, 2019. С. 419-434.
25. MS Alam, A McNabola Критичний огляд і оцінка політики та технології екологічного водіння : переваги та обмеження. Транспортна політика, 2014 – Elsevier (англійською).

ДОДАТКИ

Додаток 1 Показники прискорень для різних об'єктів

Тип пересування	Середнє прискорення	
	м/с ²	g
Поїзд метро	1	0.1
Бігун на короткі дистанції	1.5	0.15
Велосипедист	1.7	0.17
Легковий автомобіль	2.5—3	0.25—0.3
Мотоцикл	3—6	0.3—0.6
Гонщик	8—9	0.8—0.9
Екстрене гальмування транспортного засобу	до 20	до 2
Запуск і уповільнення космічних апаратів	40—60	4—6
Маневр реактивної авіації	до 100	до 10

Додаток 2 Технічні характеристики МАЗ 206086

Характеристика автомобіля МАЗ 206086

Модель	МАЗ 206086
Колісна база, мм	4 270
Колісна формула	4х2
Габарити, мм (д/ш/в)	8800/2550/3020
Пасажиromісткість, людей	72
Кількість місць для сидіння, шт	27
Модель двигуна	Mercedes-Benz OM 924 LA. V/2
Потужність двигуна, кВт (к.с)	160 (218)
Екологічна норма	EURO-5
КПП	Allison T270w/Ret
Тип КПП	автоматична
Кількість передач вперед/назад	6
Розмір шин	245/70 R19.5
Гальмівна система	пневматична
ABS/ASR	+
Паливний бак, л	160