

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМ. ПРОФЕСОРА О.Д. СЕМКОВИЧА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня «Магістр»
на тему:

**Зниження витрат палива і простоїв автомобілів шляхом
удосконалення оперативного планування вантажних
перевезень на автотранспортному підприємстві**

Виконав: студент групи Ат-61
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Сокіл Р. О
(Прізвище та ініціали)

Керівник: _____ д.т.н., професор Оліскевич М.С.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМ. ПРОФЕСОРА О.Д. СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент А.О. Шарибура
“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Сокілу Роману Олеговичу

1. Тема роботи: *Зниження витрат палива і простоїв автомобілів шляхом удосконалення оперативного планування вантажних перевезень на автотранспортному підприємстві*

Керівник роботи: *Оліскевич Мирослав Стефанович, д.т.н., професор*
Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи *15.01.2024 року*.

3. Початкові дані: *Огляд відомих досліджень за 5 останніх років. Інформаційно-вимірювальні системи та їх елементи. Стенд силових агрегатів на базі КаМАЗ-740. Розглянути методи визначення коефіцієнтів опору кочення і зчеплення з дорожнім покриттям. Методи визначення маси вантажів. Ідентифікація швидкості*

4. Перелік питань, які необхідно розробити

1. *Аналіз розвитку теорії та практики інформаційно-аналітичних систем автомобільних перевезень.* 2. *Теоретичні моделі ідентифікації режимів руху.* 3. *Методика проведення експериментів та результати розрахунків.* 4. *Розроблення пропозицій стендової установки та практичної моделі ідентифікації показників зчеплення.* 5. *Охорона праці. Висновки. Список джерел.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. *Моделювання взаємодії потоків інформації* 2. *Математична модель автомобіля-тягача.* 3. *Опис лабораторної установки.* 4. *Ідентифікація коефіцієнта зчеплення.* 5. *Вимірювання рівня коефіцієнта зчеплення коліс автомобілів з дорогою на експлуатованих ділянках магістралі* 6. *Оцінка швидкостей руху автомобілів.* 7. *Залежність коефіцієнта опору коченню від швидкості руху автомобіля і тиску в шинах* 8. *Моделювання бажаної програми руху автопоїздів* 9. *Модель інформаційно-вимірювальної системи*

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4,5	Оліскевич М.С., д.т.н., професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу машин ім. професора О.Д. Семковича			
6	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 25.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз розвитку теорії та практики»</i>	25.09-8.10.2022	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Теоретичні моделі ідентифікації режимів руху»</i>	9.10-18.10.2022	
3.	<i>Виконання та аналіз експериментів</i>	18.10-14.11.2022	
4.	Розроблення пропозицій	14.11-21.11.2022	
5.	<i>Виконання п'ятого розділу: «Охорона праці»</i>	21.11-30.11.2022	
5.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та мультимедійної презентації</i>	30.11-5.12.2022	
6	<i>Завершення роботи в цілому</i>	30.11-5.12.2022	

Студент _____ Сокіл Р.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ Оліскевич М.С.

АНОТАЦІЯ

Сокіл Р. О. Зниження витрат палива і простоїв автомобілів шляхом удосконалення оперативного планування вантажних перевезень на автотранспортному підприємстві. // Магістерська кваліфікаційна робота. – ЛНУП, кафедра “Агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Семковича О. Д.” – Дубляни, 2024. – 78 с.

Розглядається проблема оптимізації обсягу інформації сучасних інформаційних систем магістральних автопоїздів. Обґрунтовано методи визначення коефіцієнтів опору кочення. Обґрунтовано методику експериментальних досліджень динамічних властивостей автопотяга за вибігом стендової установки. Використано методику нечітких формулювань для визначення коефіцієнта зчеплення. Досліджено середні швидкості автомобілів у транспортному потоці.

Ключові слова: оперативне керування, режими руху, опір кочення, швидкість руху.

ABSTRACT

Sokil R.O. Reduction of fuel consumption and vehicle downtime by improving the operational planning of freight transportation at a motor vehicle enterprise. // Master's qualification work. - LNUP, department of "Agroengineering and technical service named after Prof. O. D. Semkovich." – Dublyany, 2024. 78 p.

The problem of optimizing the amount of information of modern information systems of main road trains is considered. Methods of determining rolling resistance coefficients are justified. The method of experimental studies of the dynamic properties of the train on the run-out of the bench installation is substantiated. The technique of fuzzy formulations was used to determine the coupling coefficient. Average speeds of cars in the traffic flow were studied.

Keywords: operative control, movement modes, rolling resistance, movement speed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	9
1.1. Огляд стану проблеми в літературних джерелах	9
1.2. Огляд засобів вимірювання параметрів і режимів автопоїзда.....	13
1.3. Аналітичний огляд існуючих і перспективних систем ідентифікації розташування магістральних автопоїздів	15
1.4. Висновки та формулювання завдань роботи	17
2. ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ	18
2.1. Формулювання задачі	18
2.2. Оцінювання ефективності бортової інформаційно-вимірювальної системи вантажних автомобілів і автопоїздів	21
2.3. Аналіз способів визначення маси вантажу, що перевозиться	23
2.4. Моделювання бажаної програми руху автопоїздів	25
2.5. Модель вимірювання сили опору кочення	34
2.6. Аналіз системи двонаправленого стеження автомобіля	38
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ	42
3.1. Методика імітаційного моделювання	42
3.2. Опис лабораторної установки	45
3.3. Методика вимірювання вибігу силових агрегатів на стенді.....	47
3.4. Оцінювання коефіцієнта зчеплення коліс автомобілів з дорогою на експлуатованих ділянках магістралі	49
3.5. Оцінка швидкостей руху автомобілів	57
4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ СТЕНДОВОЇ УСТАНОВКИ ТА ПРАКТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЗЧЕПЛЕННЯ	61

	6
4.1. Методи ідентифікації інформаційних параметрів силового агрегату автомобіля при випробуванні на стенді	61
4.2. Ідентифікація коефіцієнта зчеплення «автомобіль-дорога».....	64
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	71
4.1. Відшкодування збитку, заподіяного працівнику	71
4.2. Аналіз ризиків при перевезенні вантажів	73
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

ВСТУП

Актуальність опрацювання даної теми магістерської роботи пов'язана з тим, що інтенсифікація дорожнього руху у всіх розвинених країнах призвела до загострення проблем пропускної спроможності транспортних магістралей, безпеки учасників руху і збереження екології навколишнього середовища. Набутий досвід вирішення зазначених проблем свідчить, що найважливішим компонентом сучасного комплексу управління дорожнім рухом стає інформаційне забезпечення, яке дає змогу оперативно приймати ефективні рішення. До складу сучасних систем інформаційного забезпечення транспорту входять відповідні апаратно-програмні засоби навігації, автоматичного керування, що поповнюють АСУТ інформацією про місцезнаходження та швидкість переміщення учасників дорожнього руху, і засоби радіозв'язку (телекомунікації), які забезпечують передачу та приймання даних про реальну ситуацію на дорогах.

Інформаційне забезпечення транспорту можливе при наявності в регіоні руху транспортних засобів відповідного навігаційного поля як інформаційного просторово-часового середовища, що дає можливість з необхідною точністю визначати поточні координати і швидкість учасників дорожнього руху. Такі навігаційні поля утворюють сучасні радіотехнічні системи навігації як наземного, так і супутникового базування.

Звідси випливає важливість проблеми забезпечення транспортних перевезень сучасним інформаційним, у першу чергу диспетчерсько-експедиторським обслуговуванням. В зв'язку з цим актуальним є перегляд технологій та їх використання та впровадження засобів нового покоління.

Мета роботи – оцінити об'єктивну потребу і співвідношення обсягів, на підставі яких можна вибрати і дотримуватись оптимального, або близького до оптимального режиму руху АТЗ. Це дасть змогу підвищити ефективність автоматичного керування транспортним засобом на магістралі. Розглядалися лише ті повідомлення, які екіпаж АТЗ отримує телеметрично.

Предмет дослідження – залежність структури та властивостей інформаційно-вимірювальної системи вантажного автомобіля / автопоїзда від умов руху та вибору параметрів.

Об'єкти дослідження – магістральні автопоїзди та їх інформаційні системи. Методологічною основою роботи є результати досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених в галузі оперативного планування перевезень, надійності та ефективності складних систем. У роботі використано методи теорії транспортних процесів і систем для дослідження характеристик транспортних процесів міжнародних вантажних перевезень, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії надійності для дослідження показників надійності роботи елементів систем транспортного обслуговування, теорії ризиків та теорії оптимального управління для дослідження формування та процедур прийняття рішень в процесі оперативного планування, їх наслідків та впливу на ефективність роботи транспортних потоків.

1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1. Огляд стану проблеми в літературних джерелах

Основи оперативного керування транспортними процесами наведено в працях українських вчених Воркута А. І., Долі В. К., Нефьодова Н. А., Алексеєва В. О., та інших вчених [9, 12, 15]. Усі вони визнають, що можливість підвищення функціонування автомобільних транспортних систем закладено в зменшенні невизначеності та ризиків через використання доступної інформації. Однак, дотепер у їх дослідженнях та інших вітчизняних і закордонних немає відповіді на питання, як збільшити її доступний об'єм, а також як підвищити ефективність її використання. Переважна більшість авторів зосереджуються на тому, що транспортний процес обмежений суб'єктивними чинниками, як наприклад, неподільність гурту вантажів [21], пріоритет доставки, недопустимість перевалочних методів [12], випадковий характер замовлень [11], реальні дорожні й транспортні умови [9]. Проте, подальше насичення ринку транспортних послуг призведе до того, до ці та інші суб'єктивні обмеження будуть зніматись.

Якщо розглянути сутність транспортних процесів, то вони – це обмін виробами або сировиною між виробничими процесами, або їх складниками – технологічними процесами, операціями, інфраструктурою та кінцевим споживанням [19]. Він відбувається в дискретні моменти часу, отже характеризується наявністю такту – організаційного показника. Для інформаційних потоків це означає, що вони набувають змін та можливостей бути використаними в дискретні моменти часу також. В дослідженнях, які стосуються замкнених технологічних процесів, було доведено, що найвищої ефективності взаємодій виробничих процесів можна досягнути тоді, якщо використовувати відображення конструктивно-технологічного базису процесу на його структуру і підпорядковувати його єдиному динамічному

режимові [20]. Під конструктивно-технологічним базисом розуміють об'єкти, засоби, технологію виробництва. Цілком логічно, щоб процеси обробки й використання інформації опирались на властивості вантажу та пакування та були впорядковані відносно режимів функціонування транспортної системи.

Іншу аналогію стосовно концептуальної будови магістральної транспортної мережі можна провести з глобальною комп'ютерною мережею [16]. Подібно до вантажних перевезень у них передаються дані у вигляді пакетів, фреймів та інших структур. Ефективність їх функціонування оцінюють ймовірно-часовими показниками: тривалість, затримки, надійність доставки. У цих мережах кількість вузлів та каналів є співвідносною з транспортною магістральною мережею континенту. Зрозуміло, що швидкість руху об'єктів передачі через свою специфіку є не того ж масштабу. Але й завантаження каналів даних і вузлів значно перевищує транспортну мережу. Модель, завдання та методи дослідження цих двох систем можна вважати аналогічними.

Сучасні вітчизняні та закордонні дослідження мають мету удосконалити засоби телематики для позиціонування транспортних засобів у великих містах. Їх недоліками вважають недостатню "видимість", необхідність коректування повідомлень у зв'язку з виникненням додаткових завад [16]. Нажаль інших задач, крім позиціонування, на навігаційні системи досі не покладають. Звідси випливає, що, всупереч своїм можливостям, AVL (automatic vehicle location) системи не запобігають затримкам у дорозі, відхиленням від оптимальних програм руху.

Відомі дослідження, які скеровані на розвиток інформаційних технологій моніторингу автомобільних доріг. В основі цих технологій – бортові інформаційно-аналітичні комплекси, які отримують, обробляють і порівнюють інформацію у повідомленнях від різних джерел (у тому числі – від GPS) [3]. З такими розробками вдосконалюється процес дослідження стану транспортних комунікацій, що полегшує задачі маршрутизації. Проте, аналіз транспортних умов з допомогою таких комплексів не проводиться. В

період зростання завантаженості автомобільних комунікацій без цього аналізу задача вибору маршруту переростає в тривіальну.

Дослідження і моделювання транспортного потоку (ТП) проводиться вже понад сто років. Створено чимало макро- і мікромоделей, які до недавнього ще задовольняли розв'язання задач організації дорожнього руху. Але тепер стверджують, що якісно змінився підхід до їх формулювання і розв'язання. Ставиться під сумнів адекватність моделей транспортних потоків (ТП), особливо тих, які побудовані за аналогією з іншими потоками (гідравлічними, газів тощо) [17]. Деяку інформативність ще мають моделі і відповідні методи дослідження, що базуються на макромоделях, виведених з мікромоделей, або на імітаційному моделюванні ТП [3]. Проте, жодну з них не можна використати в повній мірі для того, щоб запобігти затримкам збільшенню тривалості доставки вантажів – з одного боку і відхиленням від оптимальних режимів руху – з іншого. Таку можливість мають методи оперативного керування АТЗ на основі моделювання в режимі реального часу.

Зараз відомі такі системи керування магістральними транспортними потоками, об'єктами яких є стаціонарні дорожні засоби, тобто зовнішні по відношенню до сукупності транспортних засобів [12]. Усіх їх можна розділити на чотири групи. Перша стосується змінного в часі призначення пріоритетних смуг руху, відкриття резервних, або заборон міняти смугу. У технологіях, що стосуються цих систем, використовують сенсори швидкості руху, або камери відеоспостереження, але так, чи інакше, ознаками для керування є швидкість автотранспортних засобів (АТЗ). Недоліками їх є те, що нема чіткого обґрунтування місця розташування сенсорів та актуаторів, отже система є неадекватною реальним транспортним ситуаціям.

Друга група об'єднує способи і засоби керування вхідними, чи вихідними транспортними потоками на заданій ділянці автомагістралі. Це здійснюють обмеженням доступу на магістраль, переключення потоку на альтернативний напрям тощо. Нажаль, поки що ці заходи не дають

практичних результатів, оскільки керуються суб'єктивними ознаками надання пріоритетів та керування [11].

Третя група систем «зовнішнього» керування стосується обмеження швидкості руху автомобілів в потоці. Так, якщо по різних смугах в одному напрямку рухаються автомобілі з різними швидкостями, то це викликає необхідність маневрів, які спричинюють затори і затримки. Якщо обмежити швидкість «швидких» автомобілів, прирівнюючи їх до швидкості «повільних», то потік стає однорідним за швидкістю і не викликає об'єктивних причин для виконання обгонів та змін смуги руху. Однак, досі невідомо, чи такий спосіб керування не підвищує сумарні затримки за рахунок зниження бажаних швидкостей «швидких» АТЗ. Цей недолік притаманний усім трьом названим групам систем. Крім цього – вони не усувають три відомі причини виникнення затримок і заторів: а) нерівномірність швидкостей автомобілів у потоці; б) виконання маневрів (часто з причини (а)); в) прискорення та гальмування окремих автомобілів в потоці [2].

З метою усунути суб'єктивні чинники в безпеці дорожнього руху розробляють системи «внутрішнього» автоматичного керування транспортним засобом. Адже людина, як найбільш інерційна ланка в системі «водій-автомобіль-дорога-середовище» повинна, на думку розробників різноманітних навігаційних систем, круїз-контролю та інших інтелектуальних систем, бути звільненою від потреби виконувати миттєві дії [17]. Проте, цілком позитивно вплинути на транспортні умови на магістралях такі системи не можуть. А якщо на автомобільних магістралях утворюються затори, то вони зовсім втрачають свою ефективність. Крім цього, поки що системи «внутрішнього» керування є надто дорогими. Систему VDC, наприклад, встановлюють досі лише на автомобілях представницького класу.

Останнім часом усе частіше з'являються публікації, у яких дослідники торкаються питань комунікабельності АТЗ [22]. Під цим терміном розуміють властивість, що визначає можливість встановлення інформаційного зв'язку

між бортовими системами автоматизованого керування супутніх транспортних засобів, а також із стаціонарними дорожніми об'єктами. Ця властивість реалізується використанням пристроїв збору і передавання сигналів від первинних перетворювачів відстаней, відеозображень, елементів радіозв'язку малої дальності. Потрібно визнати, що якість оперативного керування, а саме точність, а також функціональні можливості таких пристроїв зростають [24]. Однак, поки що немає даних щодо ефективності комплексного використання різних носіїв інформації в одній автоматизованій системі.

В даний час фахівцями широко обговорюються питання оцінки продуктивності АТЗ, а також обліку витрати палива, витраченого на виконання транспортної роботи. Проведені дослідження показують, що оцінювати ефективність роботи АТЗ можна по формулі [17]:

$$E = m_e V_{cp} / q_s, \quad (1.1)$$

де E – ефективність роботи АТЗ; m_e – маса вантажу, що перевозиться, т;

V_{cp} – середня технічна швидкість руху автомобіля, км/год.;

q_s – шляхова витрата палива, л/100км.

У дану формулу входить m_{zp} – маса вантажу, оцінка якої і складає в даний момент утруднення, оскільки при експлуатації АТЗ інформація про масу вантажу, що перевозиться, як правило, відсутня.

1.2. Огляд засобів вимірювання параметрів і режимів автопоїзда

Швидкість можна виміряти лідаром, принцип роботи якого схожий на пристрій звичайного лазерного далекоміра. Для своїх обчислень лідар бере за основу два місцезнаходження об'єкту і час, за який він подолав відстань між ними. Далі комп'ютер ділить відстань на якийсь час і отримує миттєву швидкість. Варто відзначити, що якщо з радаром прицілювати не обов'язково, то лідар необхідно направляти виключно на номерний знак

автомобіля, оскільки він є кращим елементом, що відображає, на автомобілі [26]. LIDAR (англ. Light Detection and Ranging) – технологія отримання і обробки інформації про видалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища віддзеркалення світла і його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах. Лідар як прилад є, як мінімум, активним далекоміром оптичного діапазону. Скануючі лідари в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору. Сталий переклад LIDAR як «лазерний радар» не цілком коректний, оскільки в системах ближнього радіусу дії (наприклад, призначених для роботи в приміщеннях), головні властивості лазера: когерентність, висока щільність і миттєва потужність випромінювання – не затребувані, випромінювачами світла в таких системах можуть служити звичайні світлодіоди.

Активний круїз-контроль (ACC). Активна система підтримки заданої швидкості (АСШ або активний круїз-контроль) є звичайною системою підтримки заданої швидкості (FGR) з ширшими функціями. Додалася зручна система підтримки дистанції і швидкості за допомогою автоматичної дії на управління двигуном і на гальма. Функції системи ACC. Датчик радіолокації визначає, на якій відстані, під яким кутом, і з якою швидкістю рухається об'єкт, що знаходиться перед автомобілем. Водій може задавати необхідну швидкість в діапазоні від 30 до 180 км/год. (АСШ з кроком зміни 10 км/год., ACC2 безступінчатий). Це значення відображається в комбінації приладів. Крім того, він може вибрати один з трьох фіксованих інтервалів часу. Це означає, що із зміною швидкості міняється дистанція до попереду транспортного засобу, що йде. АСШ є системою забезпечення комфорту, тому втручання водія в управління має вищий пріоритет, ніж регулююча дія АСШ. АСШ виконує наступні функції. 1) Підтримка заданої швидкості (FGR) на заздалегідь заданому значенні. 2) Підтримка заданої швидкості з адаптацією до швидкості попередніх транспортних засобів. 3) Підтримка заданої водієм дистанції до попереднього транспортного засобу. 4)

Недопущення перевищення заданої швидкості при русі під уклон завдяки гальмуючій дії.

За переважне право системи управління коробкою передач вибирати передачі не сперечаються. Проте, використовуються спеціальні поля характеристик включення, які, наприклад, запобігають маятниковим перемиканням, але при відповідних сигналах з вимогою прискорення все ж таки викликають необхідні перемикання на знижену передачу. Виходячи з цього при русі під уклон (з гальмуючою дією АСШ) через певний час проводиться примусове перемикання на знижену передачу, щоб уникнути перевантаження гальмівної системи.

1.3. Аналітичний огляд існуючих і перспективних систем ідентифікації розташування магістральних автопоїздів

Однією із задач, які найчастіше постають перед перевізниками – це відстеження транспортування вантажів, у тому числі таких, як небезпечні, підакцизні і транзитні, коли на вантажі чи контейнері з вантажем розміщується «чорна скринька» з навігаційним датчиком, датчиками схоронності вантажу і терміналом рухомого зв'язку. На сьогодні ця задача вже вийшла зі сфери соціального замовлення і знаходяться у сфері впровадження в межах існуючих технічних і програмно-алгоритмічних рішень, що залежать тільки від обсягу вимог і фінансових витрат [3]. основною проблемою є визначення ефективної сфери застосування відповідних засобів для її вирішення.

До основних недоліків GPNS слід віднести:

- можливість затінення сигналів будівлями, спорудами, складним рельєфом тощо;
- можливість зриву спостереження за сигналами ШСЗ при великих (більше за 35°) кутах крену і тангажу рухомого об'єкта, що обумовлено нахилом приймальної антени GPNS, встановленої на рухомому об'єкті

(агрегаті);

- можливість спотворення сигналів, що надходять з ШСЗ країною – власником або засобами РЕБ противника, можливість короткотривалого або повного припинення трансляції навігаційної інформації з ШСЗ.

Вказані недоліки можуть спричинити перерви у роботі апаратури GPNS.

На сучасному етапі назріла необхідність значно скоротити час на підготовку даних для роботи навігаційної апаратури, максимально автоматизувати опрацювання та застосування навігаційної інформації при штатному застосуванні машини, вирішити завдання отримання цілевказань від старшого начальника та прийняття рішень щодо залучення будь-якої машини підрозділу, котра знаходиться у найвигіднішому положенні для штатного застосування, передачі цілевказань на підлеглі машини та здійснення контролю за їх діями під час маршруту і штатного застосування. Отже назріла необхідність вдосконалення існуючих систем управління взаємодією з метою вирішення наступних завдань:

- проведення аналізу місцевості за допомогою нових можливостей електронної карти (відображення додаткових шарів інформації);
- відображення розташування машин і завдань на фоні топографічної обстановки на екрані монітору (використання електронної карти);
- проведення розрахунків видимості або невидимості маршруту і транспортних умов;
- створення так званих "буферних зон" на маршруті руху;
- відображення на електронній карті пунктів призначення у відповідних умовних знаках;
- миттєве отримання координат будь-якої точки на карт (X, Y, H), визначення дирекційного кута на орієнтир;
- проведення підготовки до пересування АТЗ з а найкоротший час, а саме – вибір вихідного пункту, маршрутних точок, районів і часу переорієнтування, підготовка вихідних даних;
- автоматичне введення вихідних даних у навігаційну апаратуру.

1.4. Висновки та формулювання завдань роботи

Виходячи із зробленого аналізу, можна зробити такі висновки щодо удосконалення відомих інформаційно-аналітичних систем автоматичного керування АТЗ.

1. Обмін інформаційними повідомленнями між об'єктами транспортного процесу відбувається в дискретні моменти часу, отже інформаційні потоки також мають бути дискретними.

2. Найвищої ефективності експлуатації рухомого складу можна досягнути, якщо транспортні та інформаційні потоки будуть відображенням властивостей конструктивно-технологічного базису.

3. Аналогами методів керування транспортного процесу можна вважати методи керування на мережі.

4. Найбільш інтенсивно розвиваються методи локального позиціонування на транспорті. Вони утворюють диспропорцію по відношенню до іншої доступної інформації.

5. Між рухомими об'єктами транспортних магістралей повинна бути комунікація. Це дає точнішу і достовірнішу інформацію, зокрема про дорожні умови.

Враховуючи зроблені висновки і сформульовану мету досліджень, можна сформулювати задачі.

1. Провести дослідження відомих бортових інформаційно-аналітичних систем і побудувати моделі визначення оптимальних режимів руху.

2. Проаналізувати систему двонаправленого стеження автомобіля

3. Провести дослідження вільного вибігу автомобіля та розрахунку коефіцієнта зчеплення коліс

4. Розробити заходи з підвищення ефективності бортової інформаційно-аналітичної системи АТЗ.

2. ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ

2.1. Формулювання задачі

Увесь обсяг телеметричних сигналів, який надходить до екіпажу АТЗ у вигляді дискретних повідомлень, можна умовно поділити на чотири категорії: I_1 - про власні поточні координати, швидкість, отриманий від AVL; I_2 - про транспортні умови (параметри - фазова густина ТП, інтенсивність та інші), отриманий, наприклад, від SRR, або від диспетчерських центрів стільникового зв'язку; I_3 - про вірогідні затримки в пункті призначення; I_4 - про дорожні умови (коефіцієнт зчеплення, мікро- і макронерівності тощо) отримана, наприклад шляхом порівняння повідомлень типу I_1 з GPS та з бортових вимірювальних систем. Повідомлення I_1 - I_4 можуть надходити в дискретно-квантованому виді, незалежними потоками. Але впливати на прийняття рішень вони можуть по-різному. В цій МКР розв'язувались такі задачі:

дослідити вплив параметрів потоків повідомлень I_1, I_2, I_3 на вірогідність прийняття оптимальних рішень;

встановити граничні моменти надходження повідомлень з врахуванням вірогідності прийняття за ними оптимальних рішень стосовно виконання маршрутних завдань.

При розв'язанні цих задач прийнято такі допущення. По-перше, кількість інформації, що міститься в повідомленнях, обчислювалась за виразом [7]:

$$I = 0,5 \log_2 \frac{s_l}{s_e} \quad (2.1)$$

де s_l - дисперсія телеметрично вимірюваного параметра; s_e - дисперсія похибки його вимірювання.

Цей вираз стосується повідомлень усіх 4-х категорій, оскільки усі вони побудовані на неперервних сигналах.

Формула (2.1) застосована з гіпотезою, що апіорний і апостеріорний розподіл сигналу, що передається підпорядковується одному і тому ж закону (ентропійний коефіцієнт - сталий). За формулою (2.1) виходить, що повної відсутності інформації про телеметричний параметр бути не може, оскільки максимальне значення s_e - скінчене. Отже, якщо $s_e \leq s_{e_{max}}$, то вживатимемо термін *мінімальна доступна інформація*. Подібно до того, повної наявної інформації також не існує, оскільки $s_e > 0$. Тому вживатимемо термін *максимальна доступна інформація* в заданих умовах її отримання.

По-друге, вважалося, що повідомлення I_4 в повному обсязі надійшли ще до початку руху АТЗ, таким чином ідеал програми руху для умов вільного транспортного потоку є сформований апіорі.

По-третє, приймалося, що брак максимальної інформації, яка міститься в отриманих повідомленнях I_2 , I_3 при виборі режимів руху можна компенсувати прямо пропорційним запасом часу.

Четверте допущення полягало в тому, що будь-яке за обсягом і категорією повідомлення I_2 та I_3 можна отримати в будь-який момент виконання маршрутного завдання.

Взаємодію потоків інформації показано на прикладі типового елементарного транспортного завдання. Нехай вантажному АТЗ потрібно, завантажившись у пункті А транспортної мережі в момент часу t_0 , доставити вантаж в пункт Б і розвантажитись не пізніше моменту t_{11} (рис. 1). Дорожні умови на маршруті АБ - відомі. Знаючи їх, АТЗ може виконати маршрутне завдання з оптимальною (наприклад, за витратами палива) програмою руху, що включає вибір середньої швидкості руху - V_{opt} . В кінцевому пункті Б для розвантаження прибувають інші АТЗ. Оскільки моменти їх прибуття і тривалість обслуговування - випадкові величини, то до розвантаження може утворюватись черга. Користуючись виконаними раніше дослідженнями, без суттєвих обмежень можна прийняти, що процес розвантаження в пункті Б являє собою систему масового обслуговування типу M/G/m, де M - вхідний

потік, що підпорядковується показниковому закону, G - процес обслуговування з розподілом тривалості загального виду, m - кількість розвантажувальних пристроїв (фронт розвантаження) [8]. Якщо відомі інтенсивність прибуття АТЗ в пункт Б та інтенсивність їх обслуговування, то можна обчислити середню сподівану тривалість простоювання АТЗ в черзі t_q [8]. Враховуючи це, програму руху скоректовано так, що момент прибуття - t_{10} , враховує середній гарантований час затримки в доставці вантажу t_{11} . Таким чином сформульовано ідеальний образ виконання маршрутного завдання за умови максимальної доступної інформації I_2 та I_3 (штрих-пунктирна лінія).

Передбачалося, що повідомлення I_1 , I_2 , I_3 періодично надходять до екіпажу АТЗ і цю періодичність, а також обсяг повідомлень можна моделювати. Якщо в i -й момент часу, $t_0 < t_i < t_{11}$, згідно з черговим повідомленням типу I_1 , АТЗ має координату x_i , то, залежно від кількості інформації в отриманих повідомленнях I_1 та I_3 , він має рухатись з середньою за часом швидкістю $V_e \approx V_{onm}$, яка визначається:

$$V_e = (x_{11} - x_i) / (T_{onm} + Dt_i), \text{ м/с}, \quad (2.2)$$

$$Dt_i = Dt_{i1} + Dt_{i2} \approx T_3, \text{ с}, \quad (2.3)$$

де T_{onm} - тривалість процесу доставки при швидкості V_{onm} (за відсутності перешкод з боку транспортного потоку і черг до розвантаження), Dt_{i1}, Dt_{i2} - запас часу на, відповідно, затримки в русі і в черзі в кінцевому пункті Б; T_3 - загальні ймовірні затримки у доставці вантажу, визначені за наявною інформацією.

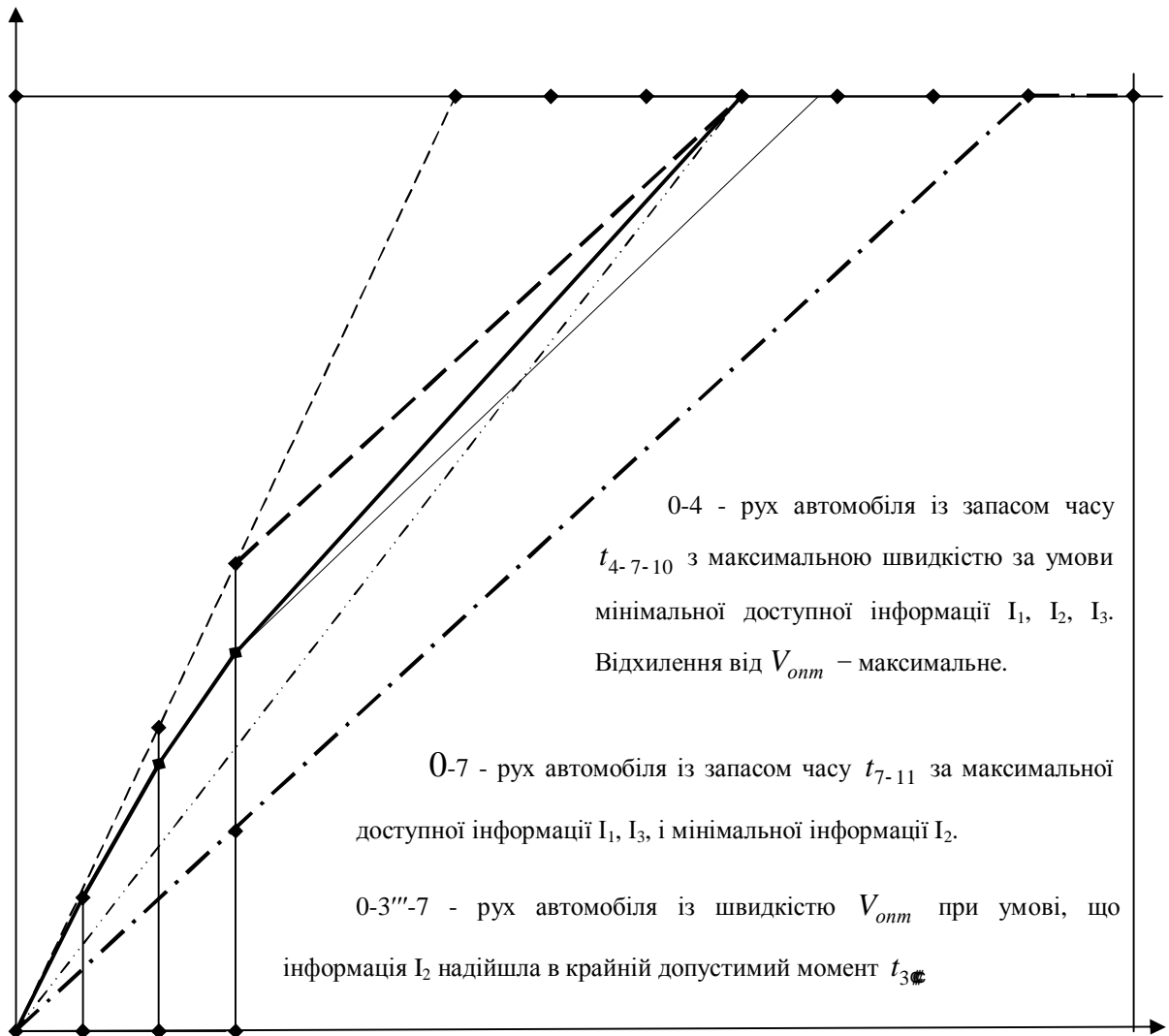


Рисунок 2.1 – Графіки руху АТЗ за наявності максимальної доступної інформації I_3 і різних способах отримання інформації I_2

Зменшувати швидкість нижче V_{onm} є, згідно з умовами, недоцільно.

2.2. Оцінювання ефективності бортової інформаційно-виміральної системи вантажних автомобілів і автопоїздів

Нами поставлено завдання, розробити інформаційно-вимірвальну систему ідентифікації маси вантажу, що перевозиться, і оцінювання ефективності транспортного процесу.

Математичну модель автомобіля-тягача представимо в наступному вигляді:

$$\dot{\omega}_e = a_\delta [F_\delta(\omega_e)Z - M_C], \quad (2.4)$$

де $a_\delta(F_\delta(\omega_e))$ – нелінійна функція індикаторного моменту двигуна при максимальному положенні органу паливоподачі;

$Z, Z = s_Z / Z_0$ відносне відхилення органу паливоподачі від сталого режиму (Z_0);

M_C – відносний сумарний момент сил опору руху, приведений до валу двигуна, Н·м.

Сумарний момент інерції J_δ , приведений до валу двигуна, залежить від маси вантажу, що перевозиться [22]:

$$I_\delta = I_M + I_K / U_{TP}^2 \eta_{TP} + (m_0 + m_{sp})r^2 / U_{TP}^2 \eta_{TP}, \quad (2.5)$$

Таким чином, оцінка m_δ може бути отримана при ідентифікації коефіцієнта a_δ в рівнянні (2.4).

З використанням оцінки a_δ в інформаційно-вимірювальній системі, яка обчислює визначається оцінка маси вантажу, що перевозиться:

$$\hat{m}_{sp} = (M_N U_{TP}^2 \eta_{TP} / \hat{a}_\delta - I_M U_{TP}^2 \eta_{TP} - I_K - m_0 r^2) / r^2. \quad (2.6)$$

Інформація про індикаторний момент на валу двигуна використовується в ідентифікаторі a_δ і в спостерігачі M_δ .

Ідентифікатор включається блоком постійного пристрою, що запам'ятовує, і пристроєм управління ідентифікатора (ПЗП і ПУІ) при відхиленні від сталого режиму руху, коли ω_e перевищує деяку позитивну установку δ .

Оцінки a_0 і \hat{M}_c з подаються в обчислювач параметрів ефективності транспортного процесу (ОПЕТП). Одночасно у ОПЕТП з датчиків, встановлених на автомобілі, подається інформація про ω_e і U_{TP} .

У ПЗП обчислювача вводяться дані про постійні параметри автомобіля:

$$m_0, I_M, I_K, \eta_{TP}, M_N, q_{so}, r.$$

Для визначення працездатності ПУІ розроблена математична модель автомобіля КАМАЗ-5320 і ПЗП відповідно до приведених рівнянь.

Ідентифікація маси вантажу, що перевозиться, з нульовою помилкою оцінювання здійснюється за час < 1 с. За наслідками виконаних теоретичних робіт можна зробити вивід про можливість створення системи для оцінювання ефективності транспортного процесу при перевезенні вантажів. Всі вихідні параметри ОПЕТП можуть або зберігатися в блоці реєстрації і зберігання інформації, а потім оброблятися на АТП, або передаватися в регіональний центр управління перевезеннями за допомогою системи телеметрії.

2.3. Аналіз способів визначення маси вантажу, що перевозиться

Проведений аналіз нових розробок останніх років в області автомобілебудування і автомобільних перевезень показує необхідність створення бортової інформаційно-виміральної системи оцінювання ефективності транспортного процесу при перевезенні вантажів вантажними автомобілями і автопоїздами [3]. Так, важливий показник – маса вантажу (m_g), що перевозиться, необхідний для оцінювання ефективності (E) транспортного процесу, до цих пір пропонується визначати за допомогою або датчиків, що вбудовуються в підвіску автомобіля; або датчиків тиску повітря, що вбудовуються в пневмобалони підвіски або колеса автомобіля; або датчиків завантаження, що встановлюються між рамою автомобіля і підрамником вантажної платформи. Шляхом порівняння енергії, потрібної

для підйому по висоті кожній з осей, визначається розподіл маси в автомобілі [6].

Застосування ваг при виконанні транспортного процесу можливо тільки при спеціальних видах перевезень вантажів, наприклад, при транспортуванні зерна на елеватори з метою обліку об'єму зерна, що реально поступило. Параметри ефективності використання автотранспортних засобів (АТЗ) при перевезенні протягом робочої зміни інших вантажів врахувати неможливо. Також використання стаціонарних автомобільних ваг для зважування вантажів, що перевозяться, не достатнє ефективно, оскільки викликає значний об'єм маневрової роботи.

Використання датчиків завантаження, що встановлюються на осях автомобіля і причепа, значно ускладнює конструкцію. Відомі методи оцінювання маси, засновані на вимірюванні інерційної сили, що діє на АТЗ при несталому режимі руху, не забезпечують необхідної точності із-за впливу перешкод в системі АТЗ – середовище. Пропонується [1, 3, 4] оцінювати ефективність роботи АТЗ за допомогою формули (2.6)

У дану формулу входить m_g – маса вантажу, оцінка якої і є нашим основним завданням. Шляхова витрата палива при русі АТЗ залежить прямо-пропорційно від сумарного моменту сил опорів, приведеніх до валу двигуна АТЗ, і може бути змірянний за допомогою датчика витрати палива.

Тепер за кордоном розробляються бортові системи діагностики технічного стану автомобіля. На наш погляд представляє інтерес розробка бортової інформаційно-вимірювальної системи для визначення маси вантажу, що перевозиться, і оцінювання ефективності транспортного процесу при перевезенні вантажів вантажними автомобілями і автопоїздами.

Нами поставлено завдання оцінювання показників ефективності транспортного процесу безпосередньо при русі АТЗ. Це вимагає розробки методів ідентифікації маси вантажу, що перевозиться, і оцінювання сил опорів, що діють на транспортний засіб при русі. У працях [6, 22] доведена можливість створення такої комплексної бортової інформаційно-

вимірювальної системи. Вона заснована на оцінюванні сил опорів руху АТЗ і маси вантажу, що перевозиться, в реальному часі при виконанні транспортного процесу.

Рішення поставленої задачі здійснюється з використанням методів автоматичної ідентифікації і оцінювання інформаційних параметрів в стохастичних системах за допомогою фільтру Кальмана – Бьюсі [22].

Ідентифікація маси вантажу, що перевозиться, з нульовою помилкою оцінювання здійснюється за час менший 1 сек.

Отримання при русі АТЗ в реальному часі параметрів, що характеризують ефективність транспортного процесу, дозволяє зберігати цю інформацію в реєструючих бортових пристроях, з метою її використання при аналізі діяльності автотранспортного підприємства. Передача цієї інформації в режимі реального часу через систему телеметрії в регіональний центр управління перевезеннями дозволяє ухвалювати правильні управлінські рішення і автоматизувати процес обробки інформації на регіональному рівні, що дозволить істотно підвищити ефективність перевезень.

2.4. Моделювання бажаної програми руху автопоїздів

Розглянемо автомобільну магістраль між деякими перерізами l_1 та l_2 . Якщо для кожного i -го АТЗ, що рухається між цими перерізами, відома бажана програма руху, тобто залежність бажаної середньої швидкості від переміщення x – $V_i^{\bar{}}(x)$, то прийняті критерії ефективності керування транспортними магістральними потоками набувають вигляду таких функцій:

- сумарні затримки n АТЗ

$$\sum_{i=1}^n \int_{l_1}^{l_2} |V_i(x) - V_i^{\bar{}}(x)| dx \rightarrow \min, \quad (2.7)$$

- міра рівномірності руху n АТЗ

$$\int_{l_1}^{l_2} \sum_{i=1}^n |j_i(x)| dx \rightarrow \min, \quad (2.8)$$

де n залежить від вибраного інтервалу магістралі $[l_1; l_2]$; $V_i(x)$ – вимушена середня швидкість i -го АТЗ; $j_i(x)$ – прискорення/сповільнення i -го АТЗ при виконанні маневрів.

Якщо використовувати стратегію тільки «зовнішнього» керування, то виконуватиметься критерій (2.7), тобто потік стане рівномірнішим за швидкостями окремих АТЗ. Проте бажані програми руху певної частини автомобілів не дотримуються. Таким чином, критерій (2.6) не реалізовується. Якщо функцію керування потоком покласти лише на «внутрішні» автомобільні бортові системи, які не взаємодіють, то спостерігатиметься протилежна ситуація: автомобілі будуть ближчими кожен до своєї бажаної програми, намагаючись досягнути критерію (2.6). Однак, якщо ці програми істотно різняться, то в потоці не уникнути маневрів прискорення, зміни смуги руху, сповільнення, гальмування. В результаті критерій (2.7) ігнорується, на магістралі і надалі створюватимуться аварійні ситуації, буде мати місце перевитрата енергоресурсів та інші негативні наслідки.

Очевидно, що така суперечність може бути розв'язана, якщо сформулювати об'єктивні умови і обґрунтувати напрямки реалізації комплексної системи керування транспортним потоком, що є метою цих досліджень.

Передусім було прийнято припущення, що у транспортному потоці автомобілі рухаються лише за об'єктивно обґрунтованою програмою руху. Якщо інші суб'єктивні причини відкинути, то виникнення прискорень/сповільнень можна виявити, розглянувши взаємодію лише двох АТЗ: того, для якого встановлено систему автоматизованого керування режимом руху – A_1 та того, який йому передує – A_2 і має таку ж систему (рис. 2.2).

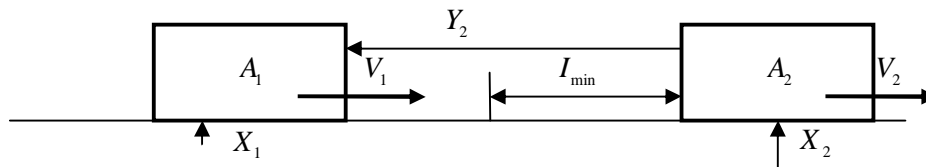


Рисунок 2.2 – Схема взаємодії транспортних засобів A_1 і A_2 на магістралі: X_1, X_2 – вектори первинних сигналів, що надходять, відповідно, до A_1 та A_2 ; Y_2 – вектор вторинних сигналів, що надходять від A_2 до A_1 ; I_{\min} – обмеження на безпечний інтервал руху

Між цими автомобілями може бути встановлений головний параметр взаємодії – інтервал I , мінімальне значення I_{\min} якого вибрано з умов безпеки руху, та можливості виконання обгону. У деяких дослідженнях доведено суперечний традиційним поглядам факт, згідно з яким інтервал I_{\min} не є функцією абсолютної швидкості автомобіля [13]. Нами було прийнято цю тезу.

Прискорений рух A_1 виникає на магістральних дорогах у двох варіантах. Перший варіант можна описати такими нерівностями:

$$I > I_{\min}, V_1 < V_1^{\bar{o}} \gg V_2, \quad (2.8)$$

де I – поточний інтервал між A_1 та A_2 ; V_{A_1} – поточна швидкість автомобіля A_1 ; $V_1^{\bar{o}}$ – бажана швидкість цього ж автомобіля; V_2 – швидкість автомобіля лідера A_2 .

Співвідношення (2.8) відповідають ситуації, коли автомобіль A_1 наздоганяє A_2 і доводить свою поточну швидкість до бажаної, але є обмеженим резерв часу для такого маневру по інтервалу $\Delta I = I - I_{\min}$. Незважаючи на простоту й типовість такої ситуації, вона є досить складною, якщо намагатися її спрогнозувати. Адже, крім того, що необхідно знати випадкові функції $V_1(x)$, $V_2(x)$ для невідомих дорожніх умов, конечно перевірити, чи вибрано адекватне значення прискорення:

$$j_1 = \frac{\int_{I_{\min}}^I (V_1^{\sigma} - V_1(x)) dx}{D_t}, \quad (2.9)$$

яке є можливим по безпечному гальмівному шляху. У виразі (2.9) часовий інтервал D_t є також випадковою величиною.

Другий варіант прискорення описується співвідношеннями:

$$I \gg I_{\min}, V_1 \ll V_1^{\sigma} > V_2, \quad (2.10)$$

що відповідає ситуації, коли для автомобіля A_1 визріла потреба і є можливість для обгону. При цьому V_1 має досягнути деякої величини V_1^{σ} , яка гарантує безпечність маневру. Знову ж таки, і тут потрібно перевірити, чи можна досягнути швидкості V_1^{σ} з умов динамічних властивостей автомобіля та зчеплення шин з дорогою, стан поверхні якої на заданому інтервалі є невідомим.

Сповільнення автомобіля є необхідним елементом програми руху і деякі дослідники стверджують, що чим більша його інтенсивність, тим енергетично більш ощадним є режим руху АТЗ [17]. Однак, це діє в сенсі уже виконаної програми руху. При необхідності перейти на нижчу швидкість, коли кінця руху не досягнуто, інтенсивне гальмування – це перевитрата енергії в гальмівній системі. Тому тут йдеться про мінімальне сповільнення, як небажаний, але необхідний елемент руху. Воно також можливе за двох варіантів. Перший варіант сповільнення описується співвідношеннями:

$$I \ll I_{\min}, V_1 \ll V_1^{\sigma} < V_2. \quad (2.10)$$

Якщо бажана швидкість досягнута, нема змісту і/або можливості рухатися з більшою швидкістю V_1 , то, вочевидь, буде застосоване гальмування, і по можливості – за рахунок сил зовнішнього опору руху (рух накатом). Другий варіант гальмування – вимушений:

$$I \gg I_{\min}, V_1 \ll V_1^{\sigma} < V_2, \quad (2.11)$$

Тут досягнуто обмеження по інтервалу руху і нема можливості для обгону. Таким чином, після аналізу чотирьох випадків прискорення/

сповільнення, було розроблено алгоритм керування транспортним потоком залежно від таких функцій: збурення – інтервалу між автомобілями – $I(t)$; задаючої – бажаної програми руху $V_1^{\delta}(t)$; відхилення – оцінки власної швидкості $V_1(t)$. Функція мети – прискорення, або сповільнення автомобіля $j_1(t)$ набуває вигляду:

$$j_i(t) = F(I, V_i^{\delta}, V_i, t), \quad i = 1 \dots s \quad (2.12)$$

де F – нелінійна, логічно-екстремально-адаптивна функція.

На основі цієї функції розроблено три моделі автоматизованої системи керування транспортними потоками. Передбачалось, що система повинна розробити прогноз власного прискорення/сповільнення $j_1(t)$, водночас мінімізуючи його за виразом (2.7), а також дотримуватись наперед передбаченої програми руху, адаптуючи її до реальних транспортних умов, що склались.

Безпосередньо отримати функції $V_i(t)$, $I(t)$ у жодній моделі з достатньою мірою точності не видається можливим, натомість можна скористатись доступними для вимірювання сигналами, з допомогою яких – перейти до шуканих. Більшість первинних сигналів у транспортному потоці також мають велику похибку вимірювання і передачі, тому повідомлення, які вони несуть – бувають суперечними, що вносить невизначеність у процес автоматизованого керування. Це стосується, наприклад, майже усіх способів вимірювання швидкості та інтервалів між рухомими об'єктами. Брак інформації для вироблення рішення можуть компенсувати такі повідомлення, які, не зважаючи на чималу похибку кожного з них зокрема, в сукупності створюють більшу ентропію [18]. У зв'язку з цим, дослідження проводились у три стадії: перша – побудова та аналіз функціональної моделі руху автомобілів в транспортному потоці та аналіз залежностей його параметрів, друга – вибір множини первинних сигналів і синтез алгоритму керування на основі цих залежностей; третя – оцінювання ймовірної похибки

автоматичного керування та коригування початкових моделей. Дослідження привели до трьох принципових варіантів систем.

Варіант перший (рис. 2.3) – бортова автоматизована система (БАСК), об'єктом керування якої є окремий автомобіль A , до якого надходять зовнішні сигнали про відстані до рухомих та нерухомих перешкод руху – $I(t)$, і який виробляє власні сигнали щодо частоти обертання кожного колеса $W(t)$ та щодо розподілу навантаження на кожну вісь $R_z(t)$.

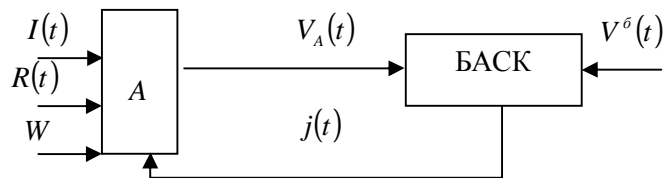


Рисунок 2.3 – Схема бортової автоматизованої системи керування одиночним автомобілем у транспортному потоці: $I(t)$ – зовнішній сигнал від перешкод (суміжних автомобілів); $R_z(t)$ – матриця сигналів

На основі цих вхідних сигналів виробляються оцінки:

- а) коефіцієнта зчеплення шин з дорогою j – відповідно до частот обертання ведених та ведучих коліс $w_1 - w_2$;
- б) сумарного коефіцієнта дорожнього опору y ;
- в) з використанням (а) і (б) – оцінки поточного значення та прогнозу власної швидкості $V(t)$.

БАСК має задану програму руху з можливістю додатково налагоджувати її, якщо сумарні затримки сягнули межі некерованості. На основі функцій $V(t)$ і $V^\delta(t)$ приймається рішення про вибір наступного режиму руху (сповільнення/ прискорення/ рівномірний). Схема алгоритму бортової автоматизованої системи керування за першим варіантом наведена на рис.2.3.

Потрібно відмітити, що така система має досить значні первинні похибки вимірювання і оцінювання параметрів D_1 . Такі похибки викликані недосконалістю способів вимірювання і невизначеностями функціональних

моделей – систем рівнянь динаміки розгону (2.10) та сповільнення (2.11) автомобіля на горизонтальній дорозі з удосконаленим покриттям.

$$\begin{cases} m_a j + R_{z1} f_1 + R_{z2} f_2 = 0 \\ m_a \times j \times h - m_a g \times b + R_{z2} l + P_k d_2 = 0, \\ m_a \times j \times h + m_a g \times a + R_{z1} l + P_k d_2 = 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

$$\begin{cases} m_a j + R_{z1} f_1 + R_{z2} f_2 - P_{z1} - P_{z2} = 0 \\ m_a \times j \times h - m_a g \times b + R_{z2} l - P_{z1} d_1 - P_{z2} d_2 = 0, \\ m_a \times j \times h + m_a g \times a + R_{z1} l - P_{z1} d_1 - P_{z2} d_2 = 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

де m_a – повна маса автомобіля; R_{z1} , R_{z2} – реакції, відповідно, передніх та задніх коліс; f_1 , f_2 – коефіцієнти опору кочення передніх та задніх коліс; h , a , b – координати центра мас, відповідно, висота, відстань до задньої, відстань до передньої осі; l – база автомобіля; d_2 – динамічний діаметр ведучого колеса; P_k – дотична сила на цьому колесі.

Як бачимо, з рівняння (2.14) у найбільш загальному випадку, залишаються невідомими такі параметри як P_k , f_1 , f_2 , d_2 . Серед невідомих тут: P_z , f_1 , f_2 , d_1 , d_2 , а також гальмівні сили (не важливо, чи гальмування відбувається основною, чи допоміжною гальмівною системою) P_{z1} , P_{z2} . Систематичні похибки тут спричинені такими припущеннями: 1) $f_1 = f_2$, що лише при однаковій еластичності та стані коліс є допустимим; 2) $f_1 = f_2$, що не перевищує похибки у 5% лише при швидкості АТЗ до 50 км/год.; 3) $d_1 = d_{1\text{статичн.}}$, що досягає 15-17% при магістральних швидкостях; 4) $Y_1(t)$ – неперервний сигнал, на який впливає відносна швидкість двох автомобілів.

У зв'язку із похибками D_1 вибраний режим не завжди відповідатиме реальним коефіцієнтам y і j . Виявлено, що БАСК такого роду, навіть при використанні найсучасніших засобах телеметрії, приводить до істотних змін первинної бажаної програми руху окремого автомобіля, що оснащений нею. Чим більша інтенсивність транспортного потоку, тим більше змін зазнає бажана програма руху.

Об'єктами керування системи другого виду є група автомобілів, до кожного з яких синхронно надходить та ж інформація, що й для БАСК (див. рис. 2.4) Це – так звана об'єднана автоматична система керування (ОАСК) (рис. 2.5).

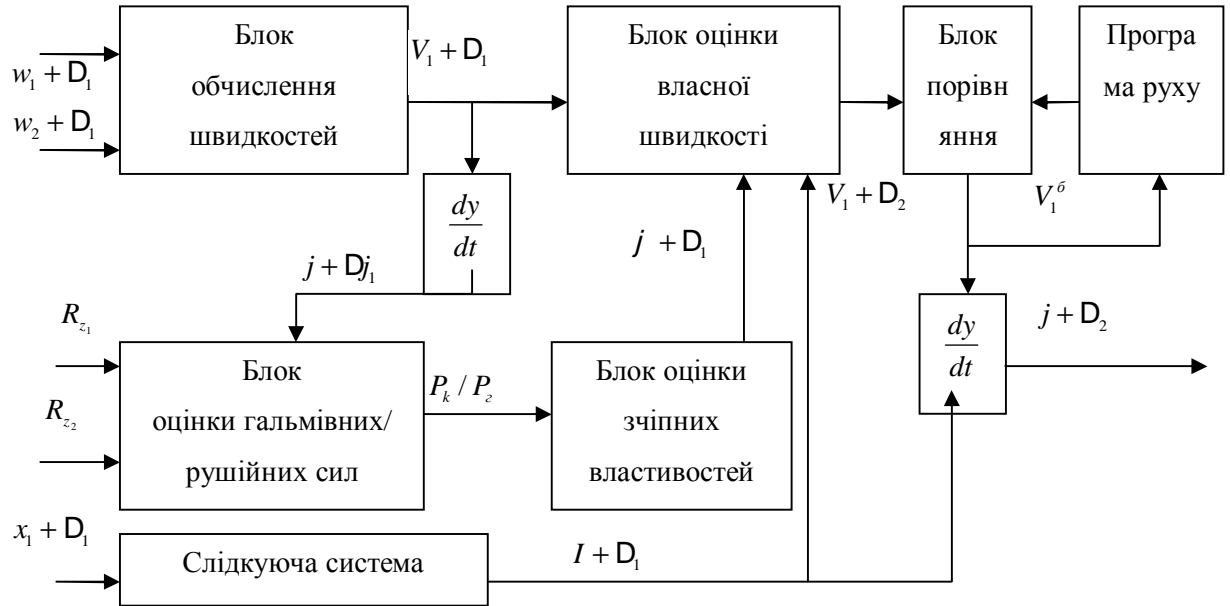


Рисунок 2.4 – Інформаційна модель БАСК: w_1, w_2 – частота обертання ведучих, ведених коліс; Dv_1 – первинна похибка оцінки параметра; D_2 – вторинна похибка оцінки параметра

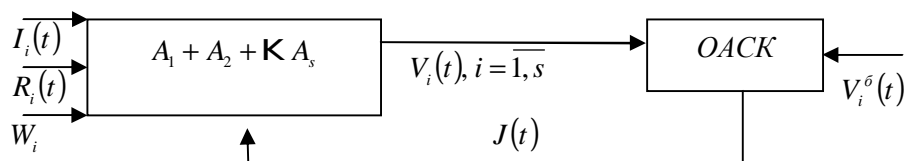


Рисунок 2.5 – Схема об'єднаної автоматизованої системи керування групою автомобілів в транспортному потоці

Але, крім того, вони ще й обмінюються інформацією про відповідність вибраних режимів дорожнім умовам та щільності транспортного потоку. Група створюється на основі доступності і стійкості телеметричних сигналів. Кількість автомобілів s , які увійшли в цю групу, залежить від технічної досконалості системи передачі сигналів та від щільності транспортного

поток. В зв'язку з цим ступінь невизначеності при прийнятті рішення кожним A_i залежить від тісноти зв'язків між ними. Важливим недоліком ОАСК є те, що набута групою $A_1 \mathbf{K} A_s$ інформація втрачається, а наступна група змушена отримувати її знову.

Третя система керування запропонована на основі двох попередніх з тією різницею, що об'єктами її є, крім групи автомобілів, які обмінюються повідомленнями, ще й нерухомі об'єкти – лаги магістралі, що сприймають, запам'ятовують та передають інформацію черговій групі автомобілів, які до них наближаються (рис. 2.6). Вона функціонує як комплексна автоматична система керування (КАСК). Група автомобілів $A_1 + A_2 + \mathbf{K} + A_i$, отримавши вектор вхідних сигналів від власних бортових систем, опрацювавши їх, та вибравши за допомогою КАСК₁ адекватні режими руху, передає отриману інформацію найближчому стаціонарному дорожньому об'єкту – лагу Д. Таких лагів вздовж магістралі є стільки, скільки потрібно для забезпечення стійкості інформаційного зв'язку мобільних об'єктів.

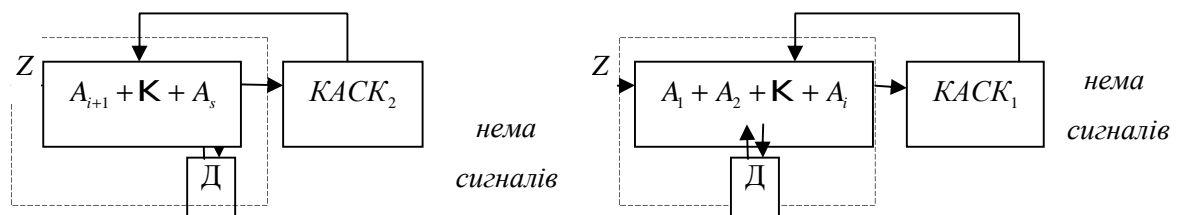


Рисунок 2.6 – Схема комплексної динамічної автоматизованої системи керування: Д – нерухомий дорожній об'єкт – лаг

Лаг Д, водночас, передає у КАСК₁ ту інформацію, яка набута ним від попередньої групи автомобілів. На магістралі, очевидно, можуть виникати такі ситуації, коли інтервал між транспортними засобами є дуже великий, тому сигналами вони не обмінюються. Коли група автомобілів $A_{i+1} + \mathbf{K} + A_s$ після такої часової прогалини порівнюється з лагом Д, то може обмінятися з ним інформацією. Таким чином, нерухомі дорожні об'єкти по чергово стають елементами КАСК_i, а розриву інформаційних потоків немає. Це означає, що при в міру нагромадження такої інформації система стає досконалішою. Було

встановлено також пряму залежність якості керування КАСК від щільності транспортного потоку.

2.5. Модель вимірювання сили опору кочення

Надійні відомості про взаємодію колеса з полотном дороги, очевидно, дозволяють удосконалювати теорію курсової стійкості автомобіля [2].

Сила опору коченню колеса залежить від багатьох чинників: від тиску повітря в шині (P); малюнка протектора; пружних властивостей гуми, втрат енергії на відрив шини від поверхні дороги; від нерівностей поверхні полотна; твердості полотна дороги (м'який ґрунт або розм'якшений асфальт, наприклад) і ін. Для з'ясування фізики процесів, що впливають на величину коефіцієнта опору коченню (k), були вибрані особливі умови, при яких впливом частини параметрів можна нехтувати. Так, наприклад, при русі колеса по асфальтобетонному покриттю із швидкістю 30 км/год. і тиску повітря в шині 200 кПа величина $k = 0,015$. Значення K_0 збільшується із зростанням швидкості і падає при збільшенні тиску в шинах. Нами були проаналізовані значення коефіцієнтів опору коченню колеса по асфальтобетонному покриттю в інтервалі швидкостей 30-170 км/год. і тиск повітря в шині 100-500 кПа.

Як вже було відмічено вище, нами проаналізовані експериментальні результати за визначенням коефіцієнтів опору коченню колеса автомобіля при його русі по твердому і сухому асфальтобетону [24]. Ці умови експерименту унікальні тому, що добре виявляються впливи тиску повітря в шині і швидкості руху. При цьому, можна нехтувати в першому наближенні впливом нерівностей дороги і деформацією її поверхні, а також втратою енергії на відрив шини від опорної поверхні. Всі вимірювання проведені в однакових умовах і в достатній кількості, що дозволяє точніше виявляти значущість впливу тиску і швидкості на величину k у відносних одиницях.

Залежності коефіцієнта опору коченню від швидкості руху і тиску в шині описуються складними кривими (рис. 2.7). Величина k істотно змінюється при зміні тиску P і швидкості руху V і в тривимірному просторі (k, P, V) вдає із себе складну поверхню (рис.2.7). Очевидно, що проєкції точок цієї поверхні на координатні площини дозволяють отримати залежності від P при $V - const$ і V при $P - const$.

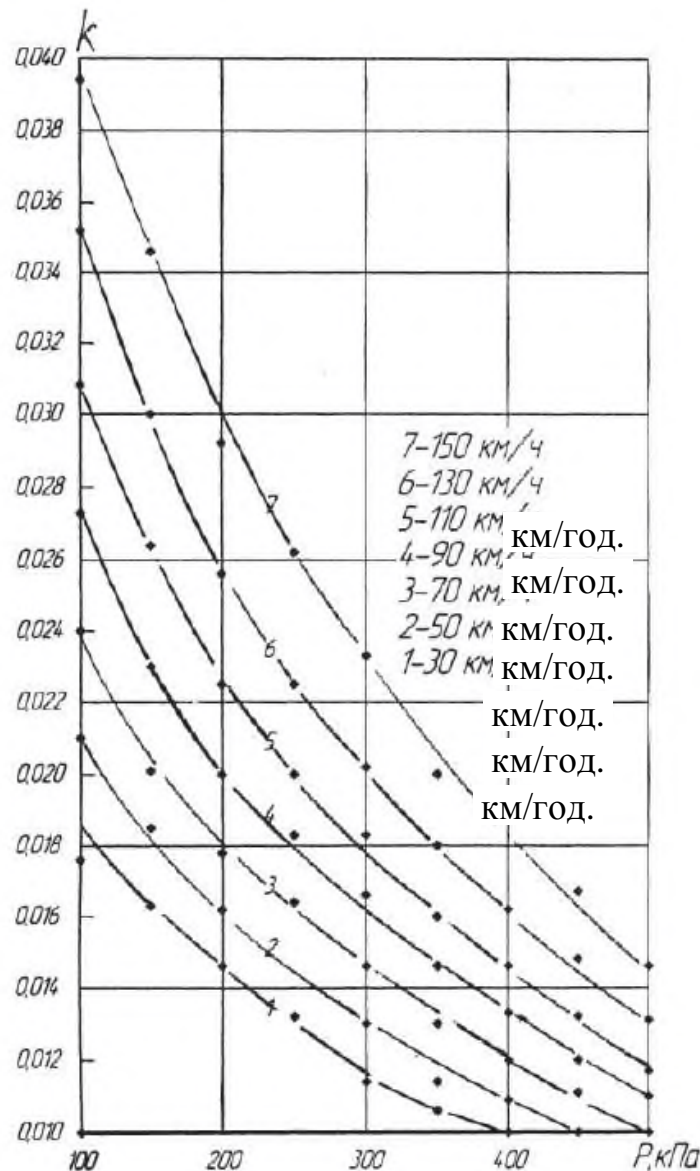


Рисунок 2.7 – Залежності коефіцієнта опору коченню від швидкості руху автомобіля і тиску в шинах

Дослідження показали, що всі залежності — складні криві, окрім випадку $\ln k \sim V$ (рис. 2.8).

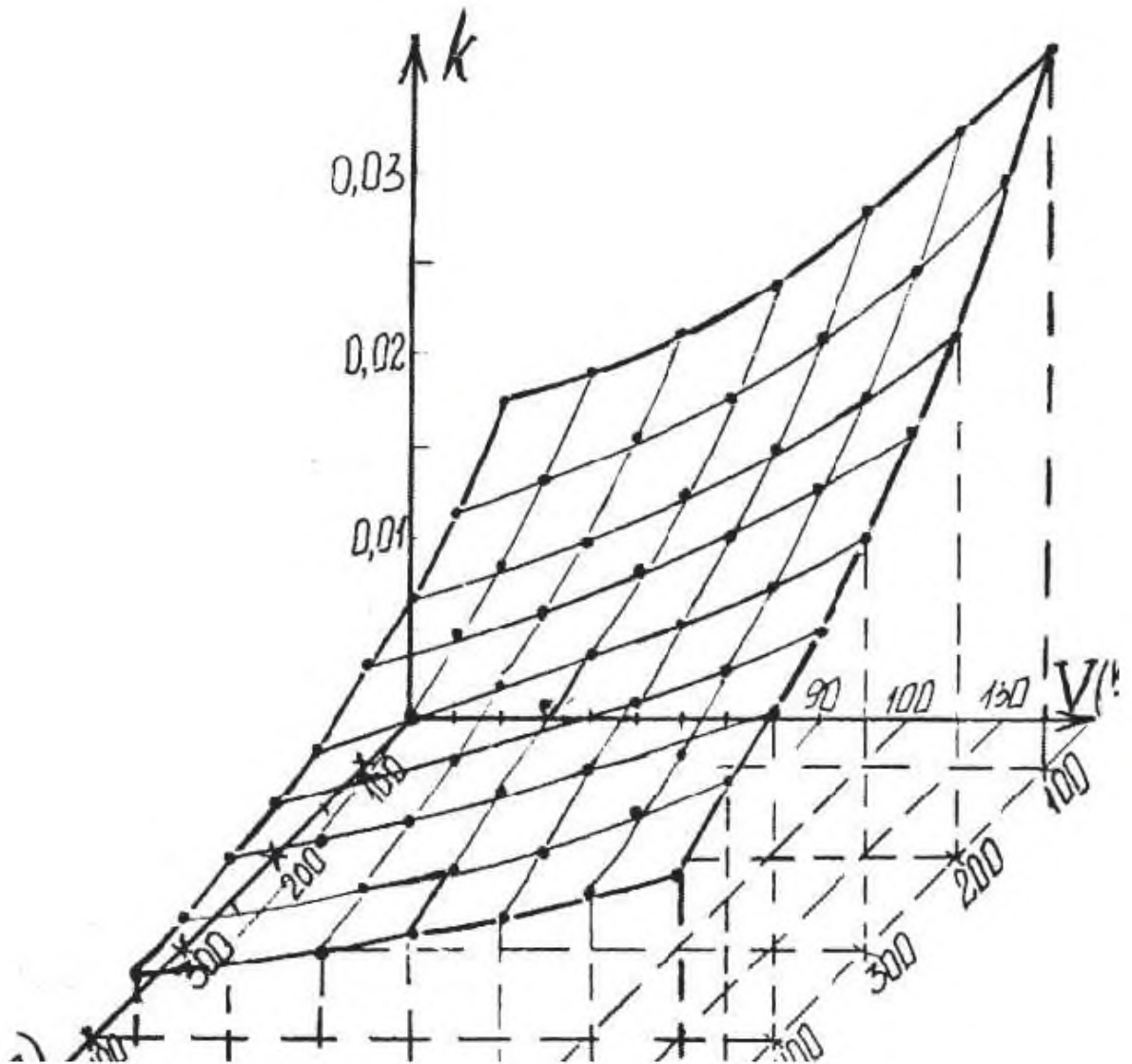


Рисунок 2.8 – Залежність коефіцієнта опору коченню від швидкості руху автомобіля і тиску в шинах в тривимірному просторі (k , V , P)

Це дозволяє отримати рівняння прямих з великою точністю за допомогою методу найменших квадратів (точність розрахунків значно перевершує помилки результатів вимірювань):

$$P_1 = 100 \text{кПа}; \ln k = -4,221 + 0,0224V;$$

$$P_2 = 150 \text{кПа}; \ln k = -4,300 + 0,0218V;$$

$$P_3 = 200 \text{кПа}; \ln k = -4,419 + 0,0208V;$$

$$P_4 = 250 \text{кПа}; \ln k = -4,508 + 0,0202V;$$

$$P_5 = 300 \text{кПа}; \ln k = -4,600 + 0,0199V;$$

$$P_6 = 350 \text{кПа}; \ln k = -4,716 + 0,0193V;$$

$$P_7 = 400 \text{кПа}; \ln k = -4,779 + 0,0184V;$$

$$P_8 = 450 \text{кПа}; \ln k = -4,858 + 0,0018V;$$

$$P_9 = 500 \text{кПа}; \ln k = -4,941 + 0,0168V;$$

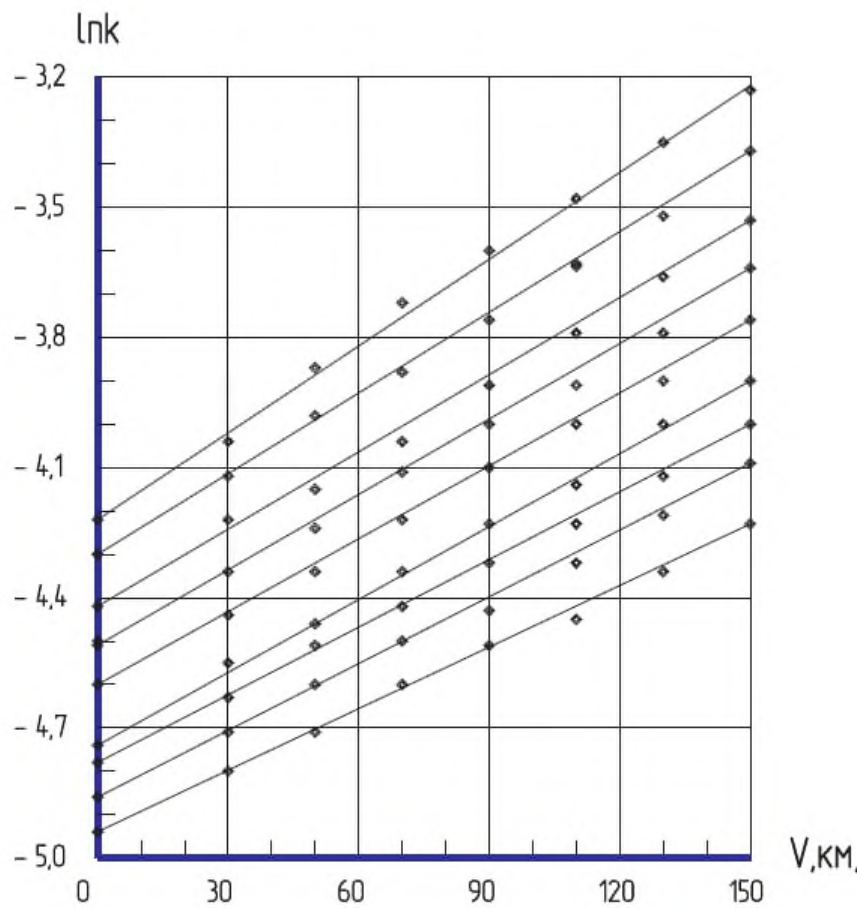


Рисунок 2.9 – Залежності $\ln k$ до від V при різному тиску повітря в шині

Таким чином, загальний вид залежності $V = (k)$ при $P \text{ const}$ має вигляд:

$$\ln k_i = \ln k_{0i} + c_i V, \quad (2.15)$$

де c_i — тангенс кута нахилу прямої в графіку $\ln k$ V M .

Тут V змінюється від 8,33 до 47,2 м/с (30 - 170 км/год.) . Оскільки добуток cV повинен бути безрозмірним, то розмірність $c = \text{м/с}$.

З виразу (2.15) виходить, що $\ln k - \ln k_0 = cV$, або

$$\frac{k}{k_0} = e^{cV} \text{ или } k = k_0 \cdot e^{cV} = k_0 \cdot e^{\frac{V}{V_0}}. \quad (2.16)$$

2.6. Аналіз системи двонаправленого стеження автомобіля

Недостатність інформації у водіїв про зміну режиму руху і параметри навколишніх автомобілів в щільному потоці, про їх технічний стан, про дорожні умови є однією з головних причин величезного числа дорожньо-транспортних подій. При цьому формується некоректна оцінка можливих наслідків і порушуються умови безпечного руху при виборі дистанцій в потоці, інтенсивності розгону і гальмування, при зміні напрямку руху, при невчасності зміни режиму, при подачі попереджувальних сигналів. Об'єм інформації, необхідної для управління в цій обстановці, що безперервно змінюється, обмежений можливостями органів чуття водія. Невизначеність умов управління знижується при оснащенні автомобілів пристроями, що забезпечують їх комунікабельність.

Комунікабельність автомобілів – це властивість, що визначає можливість встановлення інформаційного зв'язку і обміну інформацією між бортовими інформаційними системами, а також між системами автоматизованого управління супутніх транспортних засобів. При цьому

можлива взаємодія і із стаціонарними об'єктами. Ця властивість реалізується використанням, перш за все, пристроїв збору інформації від датчиків і елементів мобільного радіозв'язку малої дальності.

Таке уявлення про розвиток автомобілів актуально для вирішення, наприклад, проблеми управління автомобілем в щільному несталому потоці, коли безперервно змінюються такі значущі параметри, як власні і відносні швидкості супутніх автомобілів, дистанції між ними, коефіцієнти зчеплення коліс з дорогою, а при випадковому формуванні потоку можуть бути непостійними маси автомобілів і параметри швидкодії і ефективності гальмівних систем. Відповідні конструктивні елементи забезпечать функціонування, наприклад, інформаційної системи сповіщення водія про небезпечне оточення, системи запобігання зіткненням і оптимальному управлінню в екстремальній ситуації.

При русі за лідером (однонаправлене стеження) витримується безпечна дистанція:

$$S_{\sigma} = f(v_i, \varphi_{xi}, T_i), \quad i = 1, 2, \quad (2.17)$$

де v_i – швидкості автомобілів, м/с.;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс;

T_i – функції тимчасових параметрів спрацьовування гальмівних систем.

Для конкретизації величини S_{σ} необхідна інформація про можливий гальмівний шлях лідера. Це завдання вирішується у відомих пристроях [1] шляхом установки на лідерів датчика швидкості, блоків обчислення коефіцієнта зчеплення і гальмівного шляху, а також передавача інформації для позаду наступного автомобіля про величину очікуваного (обчисленого) гальмівного шляху.

При двосторонньому оточенні в щільному потоці критерієм найбільш безпечного режиму руху є мінімальна тяжкість можливих (неминучих в екстремальній ситуації) зіткнень [2]. Об'єм необхідної початкової інформації

збільшується. Параметр P оптимального режиму (швидкості, дистанція, уповільнення, швидкодія) представляється функцією:

$$P = f(v_j, S_k, \varphi_{xjzj} K_j, T_{zj} M_j, F), \quad j = 1, \dots, 3, \quad (2.18)$$

де S_k – поточні дистанції між автомобілями;

K_{ej} – коефіцієнт ефективності гальмування;

M_{aj} – повні маси автомобілів;

F_j – характеристики жорсткісно-демпфіруючих властивостей кузовів.

Ці параметри для транспортних засобів довільного вигляду оцінити дистанційно з прийнятною точністю не видається можливим. Необхідна підсистема безпосереднього вимірювання, обробки, передачі і прийому інформації на транспортних засобах.

Найбільш проста система двонаправленого стеження – інформаційна – виконує функції:

- 1) виявлення на смузі руху супутніх автомобілів спереду і ззаду;
- 2) вибір найближчих небезпечних об'єктів – автомобілів;
- 3) активація каналів зв'язку;
- 4) прийом ідентифікаційних параметрів;
- 5) обробка параметрів, оцінка ситуації по критерію мінімуму ступеня тяжкості зіткнень;
- 6) включення сигналізації (внутрішньою – водієві керованого автомобіля, зовнішньою – водієві наступного ззаду автомобіля).

Основні принципи такої системи. В процесі руху блок управління обробляє вхідні параметри, оцінюючи наслідки виникнення екстремальної ситуації (гальмування попереднього) на основі моделювання протікання процесу в часі. При виборі, зокрема, швидкості керованого автомобіля як параметр, що оптимізується, отримані характеристики впливу різних чинників на різницю питомих втрачених енергій DW переднього і заднього зіткнень. Наприклад, висока швидкодія гальмівної системи позаднього

автомобіля (час запізнювання приводу в сумі з часом реакції водія 0,45 с) забезпечує меншу тяжкість зіткнень [23]. Істотно змінюється і оптимальна швидкість керованого автомобіля (з 26 м/с до 18 м/с), при якій $DW = 0$.

Елементи такої системи: 1 – лідируючий автомобіль; 2 – керований автомобіль; 3 – наступний ззаду (третій) автомобіль; 4 – датчики повної маси і швидкості; 5 – блок конструктивних констант; 6 – блок оцінки коефіцієнта зчеплення; 7 – обчислювач; 8 – передавач; 9 – приймач; 10 – датчик дистанції; 11 – блок управління; 12 – сигналізатор небезпеки для наступного ззаду автомобіля; 13 – сигналізатор режиму, що рекомендується, для керованого автомобіля. Сигнали від сукупності датчиків даної групи автомобілів забезпечують безперервну оцінку ситуації і фіксацію моменту початку екстремальної ситуації.

Склад датчиків на кожному автомобілі наступний: швидкості автомобіля і повної маси M_a . На керованому автомобілі додатково встановлюються датчики дистанцій S_{12} і S_{23} до супутніх автомобілів. Ряд параметрів (швидкодії T , коефіцієнти K і F) вводяться в обчислювачі у вигляді констант за наслідками попередніх випробувань.

Коефіцієнт зчеплення оцінюється окремою підсистемою на основі, наприклад, аналізу динамічних і кінематичних (різниця частот обертання провідних і ведених коліс) параметрів автомобіля [3, 5].

Відносно новими, нетрадиційними є датчики дистанції і маси. Як датчики дистанції використовуються далекоміри СВЧ – діапазону, оптичні, ультразвукові, які визначають відстань за часом його проходження імпульсом, що випромінює і відбитим, з урахуванням швидкості його розповсюдження [2], крім того, застосовуються оптоелектронні пристрої обчислення відстаней на основі аналізу динамічного зображення дорожньої обстановки.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

3.1. Методика імітаційного моделювання

Для розрахунку дійсної середньої швидкості АТЗ використано макроскопічну модель Прігожина, що виведена з мікроскопічної з врахуванням поправок Павері-Фонтана [6]:

$$V_e = V_{\bar{v}} - V_{вим} = V_{\bar{v}} - (1 - p)trQ, \text{ м/с}, \quad (3.1)$$

де $V_{\bar{v}}$ - середня бажана швидкість; $V_{вим}$ - вимушена під впливом ТП зміна бажаної швидкості; p - ймовірність обгону; t - тривалість релаксації ТП в результаті випадкових збурень; Q - варіація швидкостей.

Значення p і t не залежать від індивідуальних швидкостей автомобілів у маневрі, а від густини r і середньої швидкості v в місці обгону, тобто $p = F_1(v, r)$, $t = F_2(v, r)$. З кожним повідомленням типу I_2 нагромаджується інформація про зміни у фазовій густині транспортного потоку, тобто про область значень функції $f(x, v, t)$. При цьому розширюється область визначення по x і по t . Максимально доступною є інформація по області $x \in (x_A, x_B)$, де x_A , x_B - координати початкового і кінцевого пунктів маршруту. Згідно з даними про апостеріорну фазову густину яку можна було б визначити в момент часу t_i обчислювались числові значення апіорних величин для заданої координати x в момент часу $t_j > t_i$:

- густини ТП
$$r(x, t) = \int_0^{\infty} f(x, v, t) dv, \quad (3.2)$$

- середньої швидкості АТЗ у ТП
$$V(x, t) = \frac{1}{r(x, t)} \int_0^{\infty} v f(x, v, t) dv, \quad (3.3)$$

- варіації швидкостей транспортних засобів

$$Q(x, t) = \frac{1}{r(x, t)} \int_0^{\infty} (v - V)^2 f(x, v, t) dv, \quad (3.4)$$

Дослідження проводились у два етапи. На першому приймалось, що екіпаж АТЗ має мінімальний доступний обсяг інформації за повідомленнями типу I_3 (див. рис. 3.1). Інформація I_1 та I_2 подавалась трьома різними способами:

на початку руху, одноразово, в повному доступному обсязі;

під час руху, у крайній щодо ефективності прийнятого рішення момент, в повному обсязі;

під час руху, багатократно, рівними обсягами через однакові інтервали часу.

На другому етапі приймалося, що інформація I_1 - I_3 надходить до екіпажу АТЗ синхронно з однаковим обсягом за однакові інтервали часу (див. рис 2.2).

При фактичній наявності лише одного інформаційного потоку I_2 (див. рис. 3.1) запас часу Dt_{i_2} - максимальний і тому екіпаж АТЗ зорієнтований на момент прибуття в пункт Б - t_7 . Максимальне сумарне відхилення від оптимальної програми руху буде тоді, коли максимальна доступна інформація I_2 буде подана на початку руху t_0 . Це пов'язано з тим що ТП навіть в першому наближенні не можна назвати стаціонарним. Отже значення функції $f(v, x, t)$ не можна екстраполювати більш, ніж на $t > t_0 + t$, де t - період дискретизації повідомлень I_2 . Відповідно, рішення про вибір V_0 не будуть адекватними.

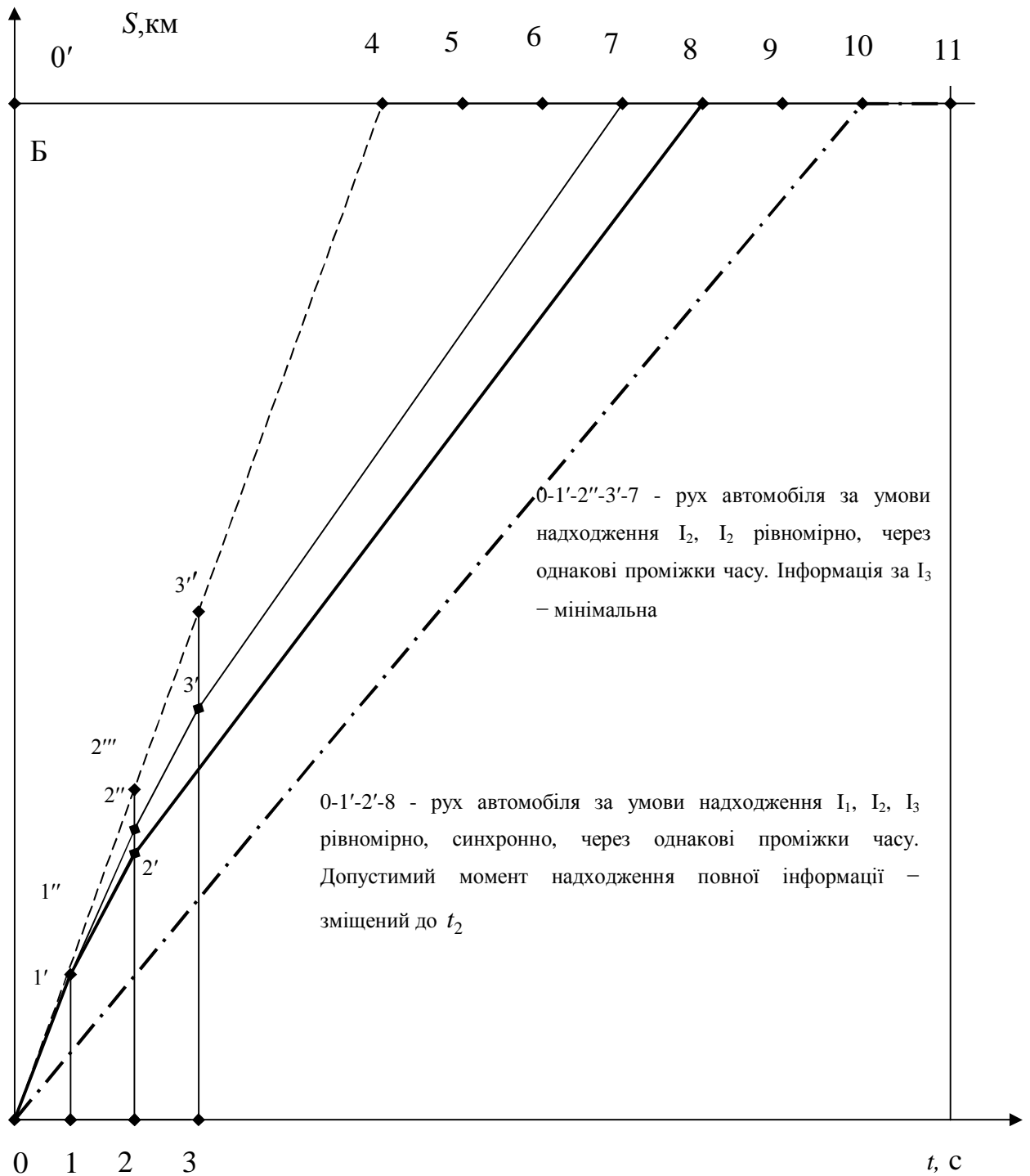


Рисунок 3.1 – Графік руху АТЗ, коли інформація I_1 , I_2 , I_3 надходить

З'ясовано, що існує момент часу після якого, АТЗ, рухаючись до того з мінімальним рівнем інформації I_2 , отримавши її, не може ефективно використати (крапка 3'''). Цей момент названо *граничним щодо прийняття рішення*. Пізніше від граничного моменту не доцільно також отримувати

інформацію I_2 квантами, хоча цей спосіб отримання приносить в сумі найменші відхилення від V_{opt} .

Якщо синхронно подаються повідомлення I_2 та I_3 , то це впливає не тільки на відхилення від оптимального режиму і момент прибуття в кінцевий пункт, а й зсуває граничний момент прийняття рішення у більш ранішні терміни (рис .2.2).

3.2.Опис лабораторної установки

Вірогідність результатів експериментального вивчення впливу різних факторів на експлуатаційні якості автомобіля значною мірою визначаються методикою випробувань і точністю приладів, застосовуваних для вимірів.

На кафедрі “Експлуатація та ремонт автомобільної техніки” Національного університету “Львівська політехніка” створений стенд для комплексного дослідження параметрів двигуна КаМАЗ-740 (рис.3.2).

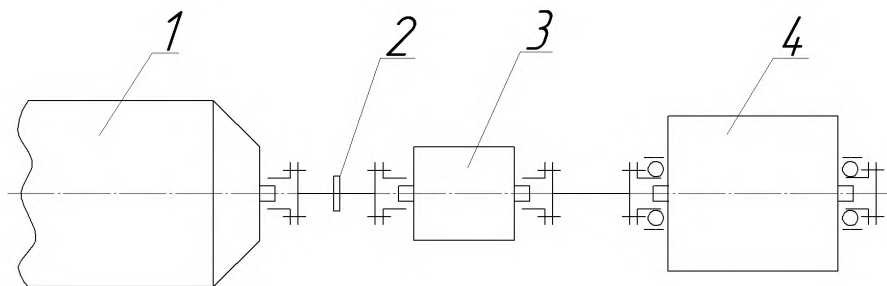


Рисунок 3.2 – Принципова схема стенда

На рисунку 3.2 представлена принципова схема стенда, основними елементами якого є: двигун КаМАЗ-740 1; вимірювач частоти обертів 2; гідромеханічна коробка передач 3; балансирна електрична машина 4, створена на базі тролейбусного двигуна ДК-207А.

Наявність всіх допоміжних агрегатів і пристроїв (вентилятор, глушник й ін.) забезпечує достатнє наближення ефективних показників двигуна до показників по експлуатаційній зовнішній швидкісній характеристиці.

Найважливішою умовою співставлення результатів випробувань є можливість багаторазового, досить точного відтворення заданого закону зміни сумарного опору дороги й повітря зі зміною швидкості. Тому була створена система автоматичного керування балансірною електричною машиною при її роботі в генераторному режимі. Принципова схема системи керування дана на рисунку 3.3.

Балансірна електрична машина 1 з незалежним збудженням, створена на базі тролейбусного двигуна ДК-207А, призначена для зняття контрольних характеристик двигуна й імітації опору руху автомобіля.

Як збудник застосований електромашинний підсилювач ЕМУ-50 2. Ступеневе регулювання гальмівного моменту, створюваного балансірною електричною машиною (БЕМ), здійснюється шляхом зміни опору навантаження, включеного в ланцюг якоря, а тонка - зміною струму збудження.

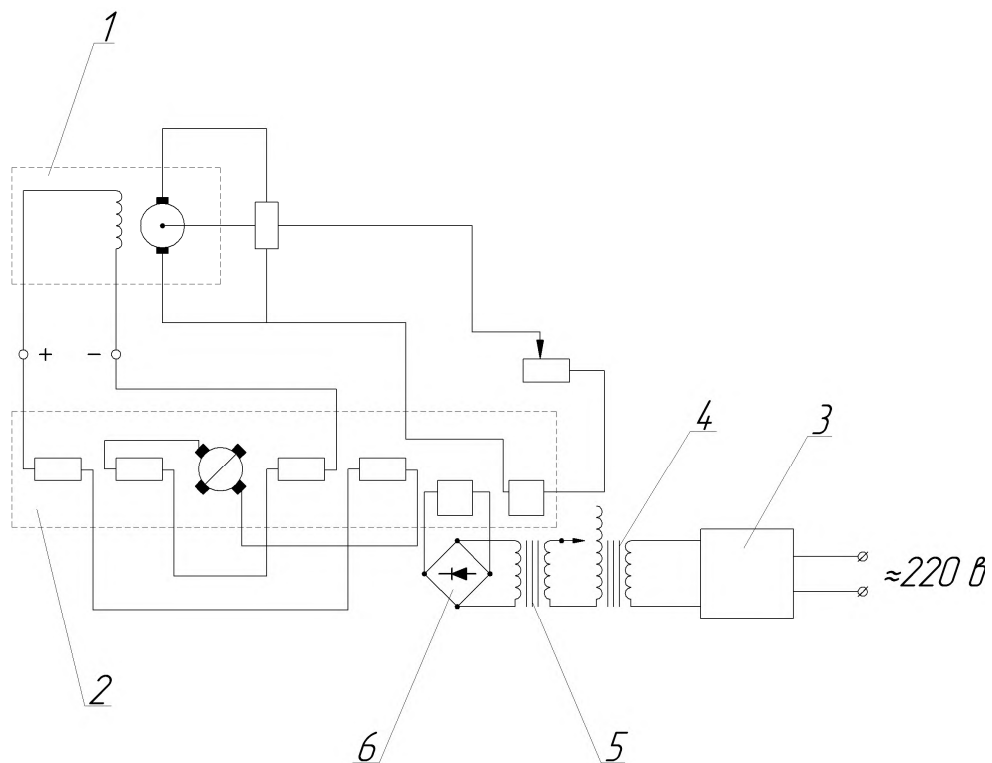


Рисунок 3.3 – Принципова схема системи керування стендом

Як видно зі схеми, струм збудження регулюється не безпосередньо, а шляхом зміни струму збудження ЕМУ-50. Для цього застосовані стабілізатор

напруги 3, лабораторний автотрансформатор 4, підвищуючий трансформатор 5 і двохпівперіодний випрямляч 6. Така система забезпечує тонке регулювання гальмового моменту й зменшення коливань останнього внаслідок коливань напруги в мережі.

Застосування ЕМУ, що має чотири керуючі обмотки, як збудник дозволяє одержати сумарний керуючий сигнал, що є функцією декількох величин, і забезпечити плавне безступінчасте регулювання. Тому для зміни гальмового моменту у функції швидкості за необхідним законом прийнятий метод регулювання струму збудження.

Початкові значення M_T задаються за допомогою лабораторного автотрансформатора 4 (рисунок 3.2.), включеного в ланцюг однієї з керуючих обмоток ЕМУ.

3.3. Методика вимірювання вибігу силових агрегатів на стенді

Порядок підготування та проведення вимірювання

1). Під час вимірювання вибігу для живлення двигуна треба застосовувати дизельне паливо і мастильні матеріали, що передбачені документами з експлуатації автомобіля і відповідають вимогам чинних нормативних документів на їх виготовлення.

2) Випускна система автомобіля повинна бути у повній комплектності, не мати прогарів, механічних пробоїн та нещільностей у з'єднаннях, які призводять до витoku відпрацьованих газів і підсмоктування повітря, що його визначають зовнішнім оглядом.

3) Перед вимірюванням вибігу двигун повинен бути прогрітим так, щоб температура охолоджувальної рідини (або моторної оливи для двигунів з повітряним охолодженням) була в межах діапазону робочих температур за рекомендаціями підприємства-виробника або, якщо такі дані відсутні, не менше ніж $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4) Обмежувальний гвинт повної подачі палива повинен бути опломбованим (якщо опломбування передбачено конструкцією).

5) Контролювання температурного режиму двигуна здійснюють за штатними показниками автомобіля або з використанням додаткових засобів вимірювання.

З 1.01.2007 року запроваджено обов'язкове інструментальне визначання температури моторної оливи в системі змащування двигунів (як з рідинним, так і з повітряним охолодженням), яка повинна бути в діапазоні робочих температур за рекомендаціями підприємства-виробника або, якщо такі дані відсутні, від +60 °С до +100 °С (для двигунів з повітряним охолодженням верхня межа робочих температур не повинна перевищувати +120 °С).

б) Вимірювання вибігу в режимі вільного прискорення треба проводити в такій послідовності:

- встановити важіль перемикачів передач (вибирач швидкості для автомобілів з автоматичною коробкою передач) у нейтральне положення;
- зупинити двигун (якщо він працював);
- приєднати пробовідбіральною магістраллю димоміра до випускної системи автомобіля;
- запустити двигун;
- під час роботи двигуна з мінімальною частотою обертання холостого ходу швидко (швидше, ніж за одну секунду), але без ривків перемістити педаль керування паливоподачею до упору. Таке положення педалі зберігати, доки не буде досягнута максимальна частота обертання холостого ходу, яку обмежує регулятор. За показаннями димоміра визначити максимальну величину нормованого показника вибігу за період розгону двигуна. Після цього педаль керування паливоподачею повернути у положення, що відповідає мінімальній частоті обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу. Стрілка димоміра повинна повернутися у вихідне положення. Цей процес треба повторити не менше шести разів з інтервалами не більше ніж 15 с. Останні чотири виміряні значення повинні лежати в зоні шириною не більше ніж $0,25 \text{ м}^{-1}$ і не повинні утворювати

послідовність, що спадає. Загальна тривалість проведення шести вимірювань не повинна перевищувати 2 хв.;

- перед початком і після закінчення шести вимірювань треба перевірити нульове положення стрілки димоміра. Якщо після закінчення шести вимірювань відхил стрілки від нульового положення перевищує 1% в одиницях шкали приладу, вимірювання необхідно повторити;
- результатом вимірювання вибігу вважають середнє арифметичне значення чотирьох останніх вимірювань.

За наявності кількох розділених випускних труб, повний цикл вимірювання вибігу проводять в кожній трубі окремо і за остаточний результат беруть більше із усереднених значень, визначених для кожної із труб.

3.4. Оцінювання коефіцієнта зчеплення коліс автомобілів з дорогою на експлуатованих ділянках магістралі

Сила зчеплення коліс рухомого складу з дорогою є основою функціонування поширеного в світовій практиці фрикційного гальмування, що забезпечує безпеку руху. Використовувана в гальмівних розрахунках величина коефіцієнта зчеплення μ є початковою при вирішенні будь-яких завдань гальмівного характеру, тому визначення його можливо виключно на базі достовірних результатів спеціальних експериментальних досліджень в реальних експлуатаційних умовах по вимірюванню граничних значень коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою в різних кліматичних зонах.

На підставі отриманих в експлуатації сукупностей граничних значень коефіцієнта зчеплення і з урахуванням ряду технічних і економічних чинників приймається деяка розрахункова залежність коефіцієнта зчеплення, яка надалі використовується в теорії і практиці гальмівних розрахунків, а також при конструюванні нового рухомого складу [3].

З метою відображення змін, що постійно відбуваються в експлуатації, результати досліджень за визначенням граничного коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою періодично оновлюються, на підставі чого коректуються прийняті норми і розрахункові залежності.

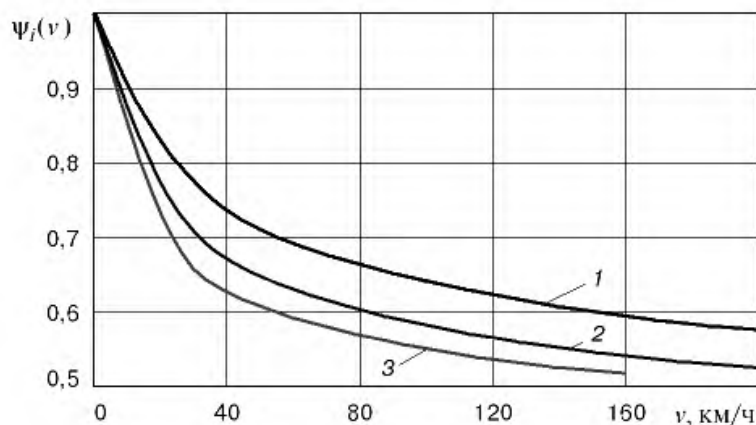
Аналогічні експерименти були проведені ще в 70-і роки, під час яких поставлено 1500 дослідів, а також обстежена транспортна мережа завдовжки понад 30000 км на найважливіших напрямках мережі, які в цілому підтвердили результати попередніх досліджень, проте при цьому дозволили внести ряд уточнень і доповнень [23].

Відповідно до отриманих результатів на вітчизняних дорогах як розрахункова прийнята функціональна залежність коефіцієнта зчеплення в гальмівному режимі [11]:

$$y = y(q_0) \cdot v_i \quad (3.5)$$

де $y(q_0)$, v_i – функції, що виражають залежність розрахункового коефіцієнта зчеплення від осьового навантаження і швидкості руху відповідно; i – індекс, що враховує тип рухомого складу.

Вид функцій v_i для основних типів рухомого складу для практичних розрахунків показаний на рис. 3.4.



v , км/год.

Рисунок 3.4 – Функція (v) для визначення розрахункового коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою: 1 — міжміські автобуси; 2 — вантажні автопоїзди; 3 — вантажні автомобілі одиничні

Для вантажних автопоїздів аналітична залежність функції $y(q_0)$ ($i = 2$) представляється гіперболою [13]:

$$y(v) = \frac{576 + v}{4v + 576}, \quad (3.6)$$

а залежність розрахункового коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою при гальмуванні від осевого навантаження q_0 для будь-якого рухомого складу має (для $q_0 = 5$ т) вид лінійної функції:

$$y(q_0) = 0,17 - 0,0015(q_0 - 5). \quad (3.7)$$

Для зручності практичного використання при гальмівних розрахунках в нормативних документах [5] розрахунковий коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою показаний в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Числові значення коефіцієнта опору кочення залежно від врахованих факторів

Тип АТЗ	Швидкість, км/год.	Величина коефіцієнта опору кочення при навантаженні від коліс на дорогу, тон				
		6	10	15	20	22
Вантажні ($i = 2,3$)	20	0,131	0,126	0,121	0,116	0,113
	100	0,097	0,094	0,090	0,086	0,084
	120	0,093	0,090	0,085	0,082	0,080
Пасажи́рські ($i = 1$)	40		0,138	0,130	0,124	0,112
	60		0,107	0,102	0,097	0,090
	80		0,102	0,098	0,094	0,088
	100		0,097	0,094	0,090	0,082
	120		0,092	0,087	0,080	0,076

Досвід експлуатації і спеціальні дослідження [9] дозволили встановити, що співвідношення рівнів граничних сил зчеплення і гальмівних сил рухомого складу, що існує на вітчизняних дорогах, з урахуванням природного розкиду обох величин характеризується 10 %-ною вірогідністю буксування в експлуатації.

У загальному випадку гранична реалізована сила зчеплення коліс АТЗ з дорогою, як і коефіцієнт зчеплення, має випадковий характер, і необхідна достовірність вимірювання її величини може бути отримана на підставі достатнього великого (визначуваного по критеріях теорії вірогідності і математичної статистики) числа експериментальних даних.

Вимірювання рівня u може проводитися у складі автопоїздів, сформованих по схемі: тягач — випробувальний причеп — причеп навантажений або в окремих випадках без складу автопоїзда відповідно до рекомендацій табл. 3.2.

За минулий час накопичилися достатньо якісних і кількісних змін в експлуатації, які прямо, або побічно впливають на умови реалізації зчеплення. Причому вплив, що робиться ними, не можна оцінити однозначно.

Таблиця 3.2 – Умови проведення оцінювання

Умови навколишнього середовища при проведенні вимірювань	
Сезони року	Параметри погодних умов, що відзначаються
Зима	Мороз вищий – 15 °С, нижче – 15 °С, мороз + заметіль
Зима — весна	Мороз після відлиги, відлига після морозу, тривала відлига + туман, земляне полотно, що відтануло, вночі перехід з позитивних температур на негативні
Весна	Мала вологість, велика вологість
Літо	Сухо, тривалі дощі, що мжичать, короткі проливні дощі, тумани, вологість
Осінь	Листопад, осінні дощі, тумани, початок замерзання земляного полотна, замерзле земляне полотно

Якщо ліквідація підшипників ковзання на вантажних і пасажирських АТЗ, розширення полігону тяги і скорочення рівня забруднення навколишнього середовища унаслідок загального спаду промислового виробництва, особливо перевезень по дорогах відкритим способом сипких вантажів, безумовно сприяють зменшенню забрудненості доріг і підвищенню рівня граничного зчеплення при гальмуванні, то очікуваний результат, наприклад від розширення полігону лубрикації доріг – прямо протилежний.

Вплив же ряду чинників, таких, як істотна зміна структури транспортних потоків, створення і впровадження нових типів рухомого складу, широке впровадження нових елементів верхньої будови шляху на найважливіших напрямках перевезень, а також нових фрикційних матеріалів для гальмівних колодок на зміну умов зчеплення коліс з дорогою не досліджено. Перераховані зміни, а також вимоги регулярної експлуатації АТЗ нового покоління з швидкістю до 120 км/год. (з підвищеною ефективністю гальмівних засобів) зумовили необхідність проведення нового етапу дослідження проблеми зчеплення коліс з дорогою в режимах гальмування.

Відповідно до методики проведення досліджень [23] при вимірюваннях коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою поосьове гальмування АТЗ здійснюється електропневматикою (ЕПТ) при одночасному розгальмуванні всіх його осей, окрім однієї, шляхом подачі сигналу, що управляє, на закриття впускання і відкриття випускного клапанів відповідних гальмівних циліндрів [23]. Гальмування ЕПТ не впливає на гальма тягача і решту складу і включається короткочасно тільки на час проведення реєстрації [11].

Спеціальний блок порівняння, встановлений на АТЗ, що випробовується, дозволяє чисельно оцінювати і реєструвати ковзання коліс одної осі, що гальмується, по відношенню до інших, що вільно котяться. Одночасно реєструються величини тиску в гальмівній магістралі, гальмівних циліндрах АТЗ, fronti сигналів електропневматичного гальма і скидаючих клапанів ABS.

Для оцінки результатів експериментальних вимірів використовують програму оцінки і візуалізації результатів реєстрації Viewer 5.0, яка дозволяє виводити на екран комп'ютера і принтер тимчасові графіки зареєстрованих процесів, а також суму і різницю цих процесів. Програма здатна диференціювати й інтегрувати процеси, отримувати їх спектральну щільність, а також проводити згладжування рівняннями авторегресії [23].

На рис. 3.5 представлена діаграма наповнення гальмівних циліндрів АТЗ при екстремому гальмуванні, отримана при стаціонарних випробуваннях

дослідного АТЗ [14]. Реєстрація проводилася з використанням крейтової системи LTC-8 спільно з ноутбуком Toshiba 410 Сдт/810 з частотою реєстрації 500 Гц. Для вимірювання тиску використовувалися датчики типу ДДХ з діапазоном вимірювання 0...100 МПа і похибкою, не більше 0,5 %.

Як впливає з аналізу діаграми, максимальний тиск в гальмівному циліндрі складає 41 МПа при зарядному тиску в гальмівній магістралі 49,5 МПа, що відповідає розрахунковим величинам. Час наповнення гальмівного циліндра при цьому складає 4,4 с. АТЗ обладнаний композиційними гальмівними накладками марки 140-42-70. Точки проведення дослідів по можливості поєднувалися з найбільш характерними точками траси — з одного боку, довгі прямі перегони — з іншого боку, де умови зчеплення свідомо відрізняються один від одного.

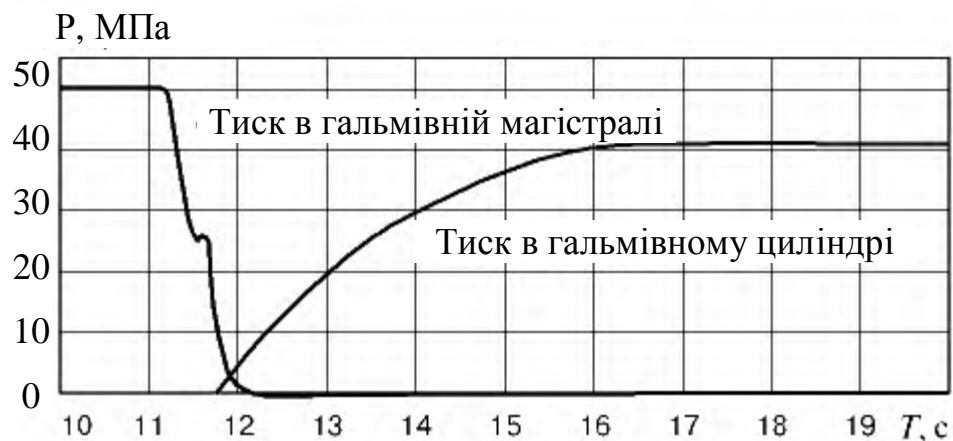


Рисунок 3.5 – Діаграма наповнення гальмівного циліндра при екстреному гальмуванні

За час першого циклу випробувань виконано 34 досліди за оцінкою рівня зчеплення коліс з дорогою при гальмуванні. Швидкість руху АТЗ під час досвідчених гальмувань складала 80...120 км/год. У 26 дослідах межі по зчепленню досягти не вдалося, хоча практично в кожному випадку кінцева величина реального тиску в гальмівному циліндрі перевищувала розрахункове значення.

У п'яти дослідах набуто максимального значення сили зчеплення. Вхідження в юз зупинене автоматично дією ABS при 20...30 % відносного прослизання. У трьох дослідах при реалізації граничних сил зчеплення наростанню ковзання запобігти не вдалося, і на трьох колісних парах утворилися повзуни завдовжки 30...50 мм.

На рис. 3.6 приведений запис одного з 26 дослідів, коли величини максимального ковзання колісної пари, що гальмується, щодо інших недостатні для спрацювання противоюзного пристрою. Воно наголошується досягши гальмівною силою на дисках осі (приведеною до головки рейки) значення 9600 Н. Протягом 2 із спостерігається зростання ковзання колісної пари, а потім спонтанне його зниження.

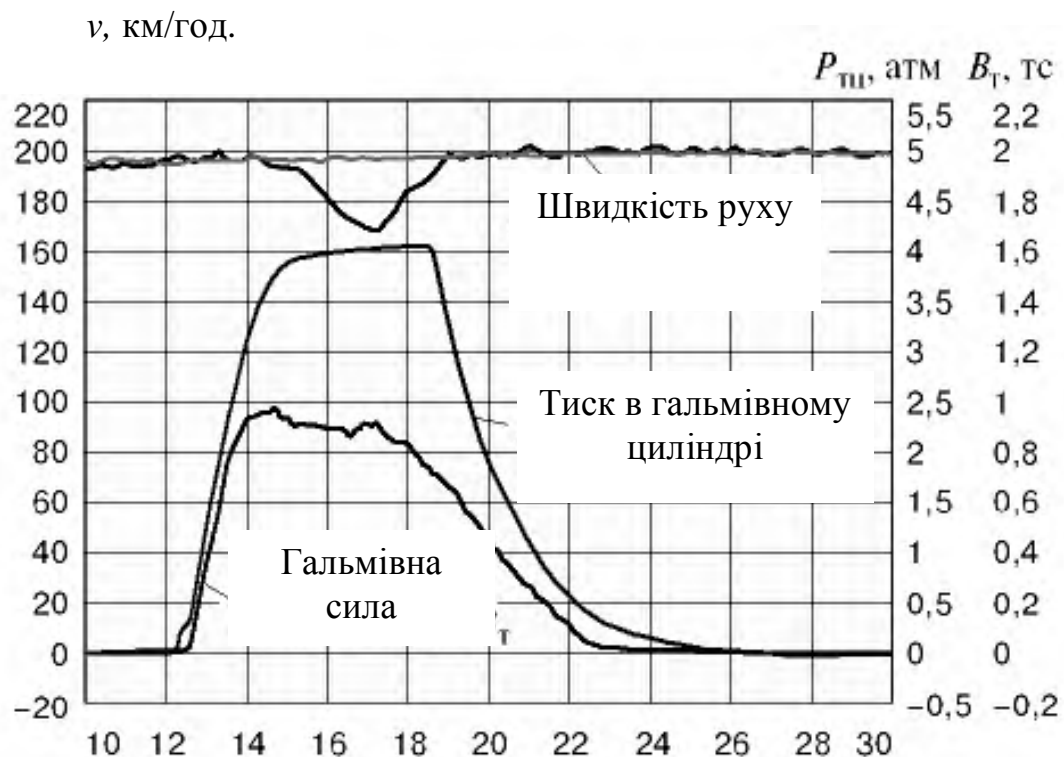


Рисунок 3.6 – Запис дослідів з невеликим відносним прослизанням коліс

Очевидно, в цьому випадку протяжність ділянки із зниженим зчепленням виявилася недостатньою для подальшого розвитку юзової ситуації, і при наїзді колеса, що гальмується, на ділянку з нормальним

зчепленням воно мимоволі відновило обертання. Як показують розрахунки, в даному досліді реалізовано близько 75 % розрахункового коефіцієнта зчеплення [12].

При повній реалізації граничного для даних умов коефіцієнта зчеплення під дією гальмівної сили одна осей АТЗ уповільнює своє обертання, тоді як останні в тому або іншому ступені зберігають свою окружну швидкість. Коли максимальне уповільнення осі, що гальмується, при цьому досягає 15 км/год./с (4 м/с^2), а відносне ковзання — 18% (порогові значення), відповідно до алгоритму роботи ABS закриває живильний клапан, відкриває скидний клапан і здійснює скидання повітря з гальмівних циліндрів до тих пір, поки ковзання коліс (або уповільнення) не знижується до встановленого порогового значення. Після цього скидний клапан закривається, відкривається живильний клапан, і процес гальмування повторюється. Контроль швидкості обертання кожної осі АТЗ, визначення з чисельних величин її ковзання, уповільнення і порівняння отриманих величин із заданими пороговими значеннями здійснюються понад 40 раз за кожен оборот колісної пари при швидкості руху АТЗ до 120 км/год., що дозволяє достатньо детально відстежувати весь процес гальмування.

Використання коефіцієнта u як критерію дозволяє оцінити будь-який експеримент по гальмуванню рухомого складу (АТЗ) з погляду оцінки потенційних можливостей його гальм, тобто рівня реалізації його гальмівними засобами зчеплення по відношенню до розрахункового. Причому одночасно є можливість аналітично спрогнозувати ці параметри і для якнайгірших умов (наприклад, гальмування з максимальної конструкційної швидкості), коли очікуваний запас по зчепленню мінімальний.

У плані розробки методики проведення експерименту для отримання достовірних і однозначних даних про рівень зчеплення на ділянці бажано мати набір дослідів з реалізацією граничних режимів гальмування, тобто з

достатньо великим відносним прослизанням колісної пари і спрацьовуванням противоюзного пристрою.

3.5. Оцінка швидкостей руху автомобілів

Однією з найважливіших характеристик режиму руху транспортних потоків і пропускної спроможності автомобільних доріг є швидкість руху. Найбільш достовірні дані про фактичні швидкості руху на існуючих автомобільних дорогах і вулицях можна отримати при експериментальному визначенні швидкостей руху окремих автомобілів. Середні і максимальні швидкості руху можуть бути встановлені шляхом статистичної обробки ряду швидкостей, отриманих при спостереженні.

Завданнями магістерської роботи було проведення експериментальних спостережень за швидкостями й інтервалами між автомобілями, встановлення закономірностей зміни швидкостей руху, вивчення зміни щільності транспортного потоку при русі в різних погодних умовах і встановлення залежностей між основними характеристиками руху транспортних потоків.

Для проведення вибірових вимірювань швидкостей було вибрано 2 характерних відрізки на магістральній дорозі загальнообласного значення м. Львова: М48 – Львів-Стрий. Вимірювання проводилися в різні сезони року (літо-осінь-зима) за різних погодних умов (ожеледь, дощ, суха погода) і в різний час доби (вранці і увечері).

Як видно з рис. 3.7 в суху погоду при хорошому стані покриття і забезпеченої видимості мода гістограм розподілу швидкостей має зрушення управо, тобто до вищих значень швидкості руху. При русі по мокрому, або покритому снігом покриттю мода гістограм має зміщення вліво до нижчих значень швидкості руху, а лише окремі автомобілі рухаються з великими швидкостями.

При низькій інтенсивності руху загальний вид залежності швидкості від інтенсивності руху:

$$V = 85 - 0,0058N \text{ (при } N < 1200 \text{ авт/год.)}$$

де 85 – середня швидкість вільного руху, км/год.;

N – інтенсивність руху в одному напрямі, авт/год.

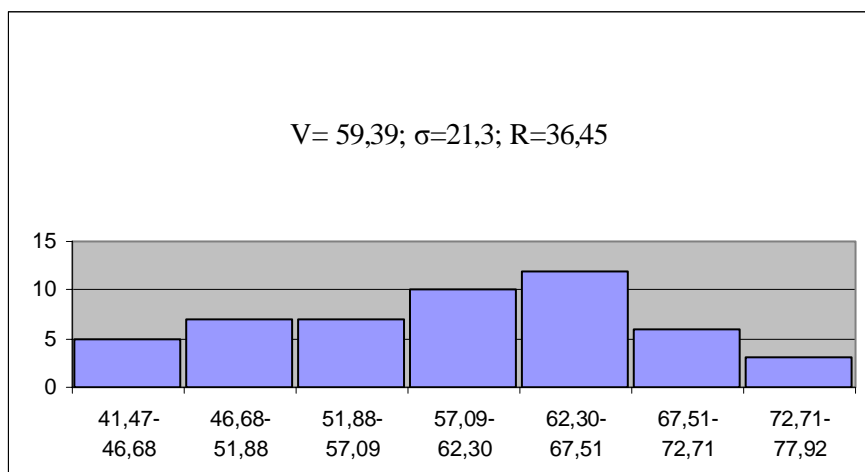


Рисунок 3.7 – Гістограма розподілу швидкостей руху в суху погоду

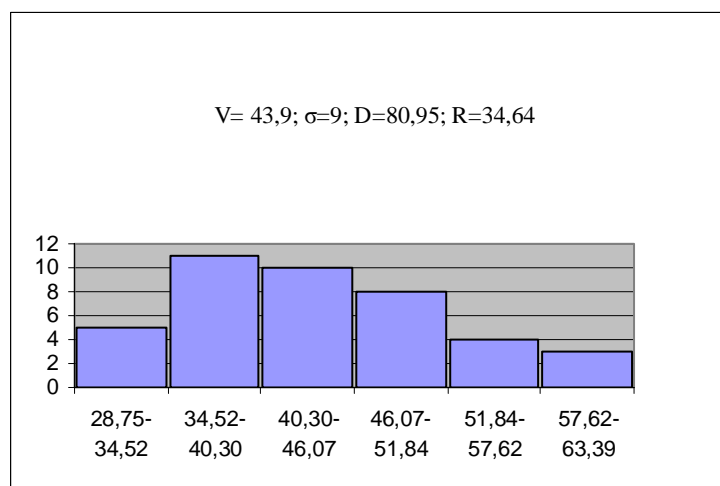


Рисунок 3.8 – Гістограма розподілу швидкостей руху в мокру погоду

При збільшенні інтенсивності руху зниження швидкостей відбувається в основному на правій смузі, тоді як на лівій перешкоди руху незначні.

При інтенсивності руху від 1200 до 2400 авт./год відбувається найбільш сильне зниження швидкостей руху. У цьому діапазоні інтенсивності залежність «швидкість – інтенсивність» має вигляд:

$$V = 78 - 0,018N \text{ (при } 1200 < N < 2400\text{)}. \quad (3.9)$$

Зниження швидкостей при цій інтенсивності пояснюється появою великого числа груп і «пачок» автомобілів на всіх смугах руху, а також гіршими умовами для маневрування.

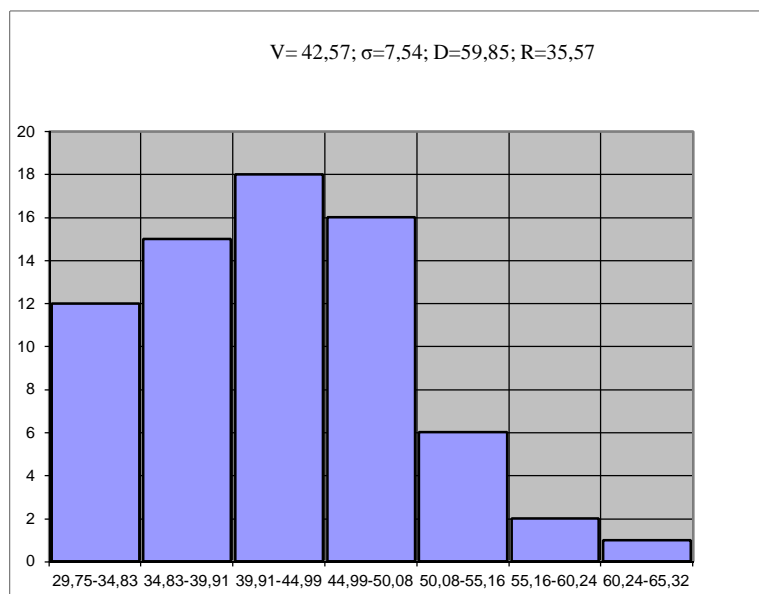


Рисунок 3.9 – Гістограма розподілу швидкостей руху по засніженому покриттю

Із збільшенням інтенсивності більше 2400 авт/год. в одному напрямі вплив інтенсивності на швидкість зменшується, що пояснюється колонним рухом автомобілів на правій і лівій смугах руху. Число автомобілів, що рухаються з швидкістю вище 60 км./год., зменшується і росте кількість автомобілів, які мають швидкість менше 60 км/год. Це призводить до зниження середніх швидкостей. В цьому випадку зміна швидкостей із збільшенням інтенсивності можна описати рівнянням наступного вигляду:

$$V = 57 - 0,012 N \text{ (при } N > 2400 \text{ авт/год)}. \quad (3.10)$$

Незважаючи на обмеження максимальної швидкості руху на багатосмугових вулицях і дорогах, 12-26% автомобілів в потоці перевищує

це обмеження, причому в основному перевищують швидкість легкові автомобілі й маршрутні автобуси, які рухаються в крайніх лівих смугах.

Великий вплив на швидкості руху автомобілів надає щільність руху. Вона визначається числом автомобілів на одиницю довжини дороги. Цим параметром зручно характеризувати перебування потоку автомобілів на окремих ділянках доріг або на магістралі в цілому. У міських умовах переважає, як правило, рух щільних транспортних потоків, які характеризуються низькими швидкостями руху і значною нерівномірністю. Величина щільності постійно змінюється по довжині магістралі і в часі. Це відбивається на зміні числа автомобілів в групах, в результаті зміни дорожніх умов. Щільність транспортного потоку, швидкість і інтенсивність руху зв'язані залежністю:

$$N_{max} = D_{max}V. \quad (3.11)$$

При $D=D_{max}$ досягається гранична інтенсивність руху, що і є кількісним виразом пропускної спроможності магістралі. На підставі експериментальних досліджень проведених в різний час року (літо-початок осені-пізня осінь), були отримані залежності між щільністю і швидкістю руху у формі:

для сухої погоди

$$D_{max}=125 - 0,88V \quad (3.12)$$

для руху по мокрій дорозі

$$D_{max}=125 - 1,10V. \quad (3.13)$$

Запропоновані залежності можуть бути використані для оцінки швидкостей руху на багатосмугових магістралях при різному завантаженні рухом. Залежності (3.12, 3.13) дозволяють оцінити пропускну спроможність ділянок міських магістралей при русі в різних погодних умовах.

4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ СТЕНДОВОЇ УСТАНОВКИ ТА ПРАКТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЗЧЕПЛЕННЯ

4.1. Методи ідентифікації інформаційних параметрів силового агрегату автомобіля при випробуванні на стенді

У роботі [21] запропоновані методи автоматичної ідентифікації і оцінювання інформаційних параметрів в системі транспортна машина – середовище, що забезпечують в реальному часі оцінювання силових і кінематичних параметрів без використання спеціальних датчиків. Ці результати з певними уточненнями можна прийняти для верифікації результатів досліджень по даній магістерській роботі. Нами було взято за основу ці методи з пристосуванням їх до конкретної мети досліджень. Дослідження на ЕОМ показують, що запропоновані ідентифікатори і спостерігачі володіють хорошими статичними і динамічними характеристиками. Це дозволяє застосовувати їх при синтезі оптимальних систем управління агрегатами автомобіля на тягових і гальмівних режимах і в бортових системах діагностики. Представляє інтерес експериментальна перевірка цих методів. Для цього використовуємо стенд з динамометром, на якому проводяться випробування силового агрегату КАМАЗ. Ставиться завдання визначити вектор інформаційних параметрів в системі ДВС-АКП-балансирний електродвигун (БЕД):

$$W=f(\hat{J}_д, \hat{J}_{кп}, \hat{J}_э, \hat{M}_{сд}, \hat{M}_{скп}, \hat{M}_{сэ}, \hat{M}_е), \quad (4.1)$$

де $\hat{J}_д, \hat{J}_{кп}, \hat{J}_э$ – оцінки моментів інерції двигуна внутрішнього згорання, коробки передач (КП) і балансирного електродвигуна (БЕД);

$\hat{M}_{сд}, \hat{M}_{скп}, \hat{M}_{сэ}$ – оцінки моментів опорів в ДВС, КП і БЕД;

$\hat{M}_е$ – оцінка моменту на валу ДВЗ.

Функціональна схема випробувань на стенді приведена на рис.4.1. До

складу експериментальної установки, крім агрегатів стенду і силового агрегату КАМАЗ, входять аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), персональний комп'ютер. Програмне забезпечення в середовищі MatLab, містить математичні моделі ДВС-КП-БЕД, спостерігача і ідентифікатора, віртуальні прилади обробки експериментальних даних, графічні пристрої, дисплеї для реєстрації результатів досліджень [27].

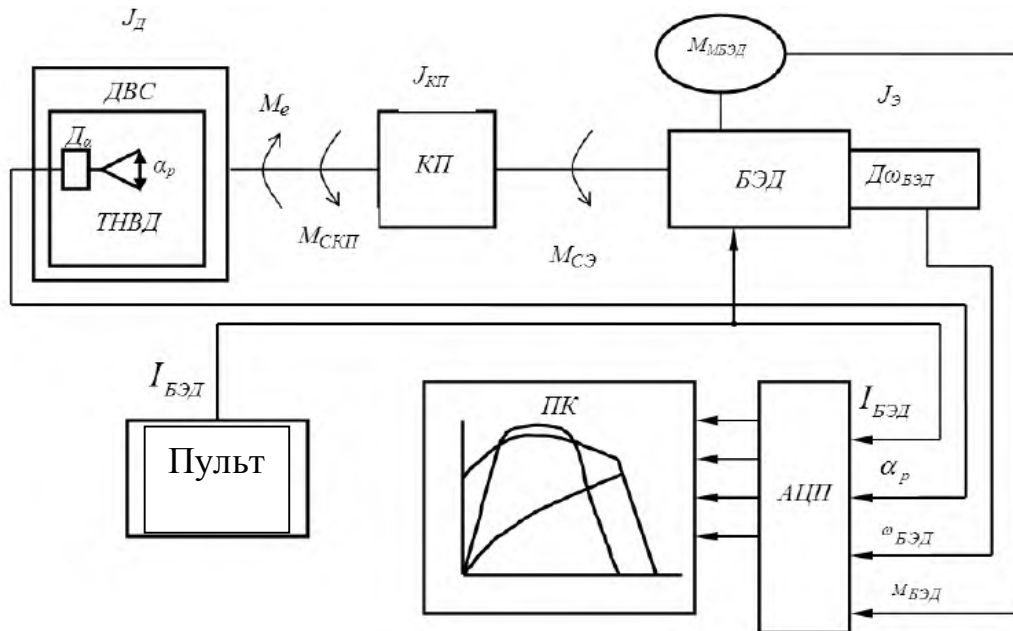


Рисунок 4.1 – Функціональна схема випробувань на стенді

Спочатку визначається момент інерції БЕД при вибігу електродвигуна.

Оцінка моменту сил опорів в електродвигуні у функції кутової швидкості валу електродвигуна виходить за допомогою вимірювальної системи стенду, шляхом визначення струму I і напруга U при сталих режимах роботи електродвигуна. В результаті виходить характеристика $\hat{M}_{сэ} = f(\omega_э)$. Характеристика вводиться в ЕОМ і використовується в математичній моделі ідентифікатора.

Процес ідентифікації відбувається таким чином. Електродвигун розганяється до заданої кутової швидкості, після чого, шляхом відключення струму управління, переводиться в режимі вибігу. Процес ідентифікації описується системою спеціальних рівнянь, наведених в літературі [21].

Початкові умови – в ідентифікаторі. В процесі ідентифікації визначається \hat{a}_3 . Аналогічним чином визначаються функціональні залежності і на вибігу електродвигуна.

Після визначення параметрів, що характеризують моменти інерції агрегатів стендової установки, за допомогою ідентифікатора визначається характеристика $\hat{M}_e = f(t)$. Процес ідентифікації моменту M ДВЗ здійснюється за допомогою ідентифікатора, який оцінюється диференціальними рівняннями [23].

За наслідками ідентифікації з використанням характеристик на графічному пристрої виходить характеристика . Характеристика показана на рис. 4.2.

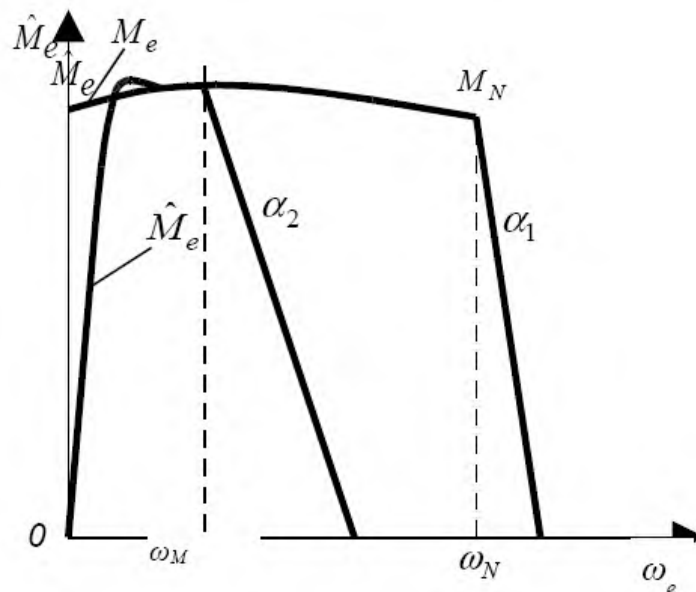


Рисунок 4.2 – Оцінка ефективного моменту двигуна

З використанням характеристики виходить залежність індикаторного моменту на валу ДВЗ. Відзначимо, що ідентифікація здійснюється при роботі БЕД на холостому режимі.

На закінчення перевіряється процедура оцінювання моментів сил опорів, приведених до валу БЕД при випробуваннях ДВЗ під навантаженням.

Оцінка може бути отримана за допомогою датчика переміщення, який необхідно встановлювати на ТНВД. Оцінку можна отримати також за допомогою спостерігача фазових координат всережимного регулятора.

Таким чином, по розглянутій методиці можна в реальному часі при випробуваннях силового агрегату автомобіля.

4.2. Ідентифікація коефіцієнта зчеплення «автомобіль-дорога»

Метою дослідження, результати якого представлені в цьому розділі, була розробка математичної моделі оцінки коефіцієнта зчеплення, яка б враховувала всю доступну інформацію про впливаючі чинники і, за рахунок уточнення величини коефіцієнта зчеплення, підвищувала об'єктивність рішень [23].

Модель оцінки коефіцієнта зчеплення розроблялася на основі ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [14]. Побудова моделі проводилася в два етапи: *перший* – структурна ідентифікація; *другий* – параметрична ідентифікація. На першому етапі будувалася структура залежності коефіцієнта зчеплення від впливаючих чинників із застосуванням експертних правил <ЯКЩО - ТО>. На другому етапі проводилася настройка моделі шляхом підбору таких параметрів форми функцій приналежності нечітких термів і ваг правил <ЯКЩО - ТО>, які забезпечують мінімальну розбіжність модельних і експериментальних результатів.

Структура запропонованої моделі представлена на рис.4.3 у вигляді дерева, висячими вершинами якого є чинники, що впливають на коефіцієнт зчеплення. Особливість моделі полягає в тому, що вона враховує як традиційні для відомої методики чинники, які узагальнені інтегральним показником, так і додатково введені чинники: S, H, P, N, V .

Всі впливаючі чинники, зведені в табл. 4.1, розглядаються як лінгвістичні змінні, задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами. Інтегральний показник, який входить в табл.

4.1, у свою чергу, залежить від чинників: D_1 – тип дорожнього покриття; D_2 – стан дорожнього покриття; T – тип шин.

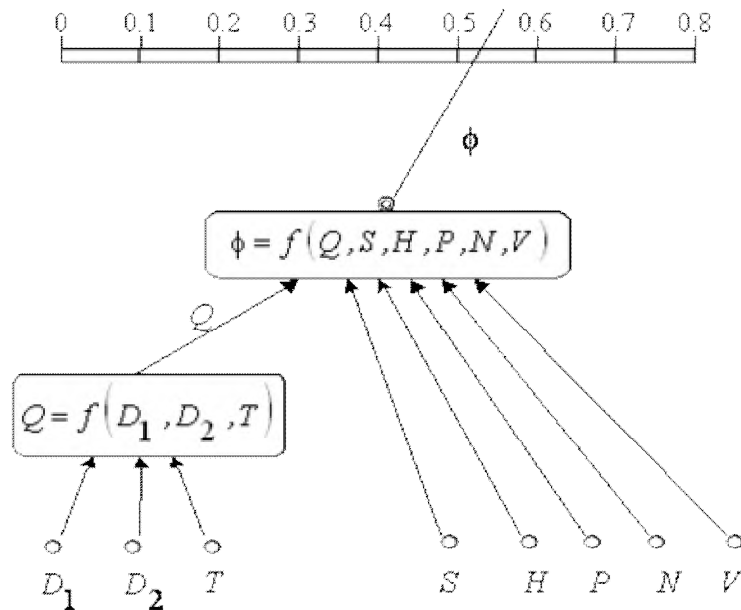


Рисунок 4.3 – Дерево чинників

Це показано на деревовидній структурі моделі коефіцієнта зчеплення (рис.4.3). Рекомендації для оцінки інтегрального показника дані в [14], табл. 4.1, яка відповідає загальноприйнятій методиці.

Експертна матриця знань для оцінки коефіцієнта зчеплення залежно від впливаючих чинників представлена в табл. 4.1 [14]. Застосування цієї матриці знань і моделі нечіткого логічного виводу дозволяє прогнозувати коефіцієнт зчеплення в практичному діапазоні його зміни. Проте точна оцінка цього коефіцієнта залежить від вибору параметрів настройки моделі. Налаштування моделі проводилася за допомогою повчальної вибірки, яка є сукупністю пар «впливаючі чинники – коефіцієнт зчеплення». Для отримання повчальної вибірки проводився спеціально сплановано і проведено натурний експеримент з автомобілем ДЕУ Ланос. У цьому експерименті варіювалися чинники, що впливають на коефіцієнт зчеплення, і вимірювалася довжина шляху гальмування автомобіля.

Таблиця 4.1 – Чинники, що впливають на коефіцієнт зчеплення

Чинник	Універсальна множина	Терми для оцінок
Q – інтегральний показник "тип шин - дорога"	(0 - 9) у. о.	низький (Q_1), нижче середнього (Q_2), середній (Q_3), вище середнього (Q_4), високий (Q_5)
S – ступінь ковзання шини	(0 - 100)%	кочення з прослизанням (S_1), юз (S_2)
H – знос шини	(0 - 100)%	нова (H_1), у межах допустимого (H_2), лиса (H_3)
P – тиск в шині	(0.1 - 0.325) Мпа	знижений (P_1), нормальний (P_2), підвищений (P_3)
N – навантаження на колесо	(0 - 100)%	без навантаження (N_1), середнє (N_2), повне (N_3)
V – швидкість автомобіля	(0 - 130)км/ год.	низька (V_1), нижче середньої (V_2), середня (V_3), вище середньої (V_4), висока (V_5)

Загальний об'єм повчальної вибірки склав 60 пар даних «впливаючі чинники – коефіцієнт зчеплення».

Настройка моделі проводилася за допомогою програми FUZZY EXPERT [14]. В результаті отримані функції приладдя нечітких термів, показане на рис.4.2. Параметри центрів (b) і крутизна (c) настроєних функцій приналежності зведені в табл. 4.3. Ваги нечітких правил, отримані після настройки, приведені в табл. 4.5.

Порівняння модельних і експериментальних результатів оцінки коефіцієнта зчеплення (табл. 4.4), свідчить про задовільну для практики адекватність отриманої моделі.

Таблиця 4.2 – Рекомендації для оцінки інтегрального показника

Дорожнє покриття		Показник для типу шин (Т)		
Тип (D ₁)	Стан (D ₂)	Високого тиску	Низького тиску	Високої прохідності
Асфальтобетонне, цементобетонне	Сухе	5,63 - 7,88	7,88 - 9	7,88 - 9
	Зволожено дощем	3,1 - 4,33	4,33 - 4,95	4,33 - 4,95
	Мокре	3,94 - 5,06	5,06 - 6,19	5,63 - 6,75
	Покрите гряззю	2,81 - 5,06	2,81 - 4,5	2,81 - 5,06
	Мокрий сніг (t>0°C)	2,1 - 3,4	2,1 - 4,2	2,1 - 4,2
	Ожеледь (t<0°C)	0,9 - 1,69	1,13 - 2,25	0,56 - 1,13
Бруківка	Суха	4,5 - 5,63	5,63 - 6,19	6,75 - 7,88
	Мокра	2,7 - 3,75	3,75 - 4,43	4,5 - 6,19
Щебенева	Сухе	5,63 - 6,75	6,75 - 7,88	6,75 - 7,88
	Мокре	3,38 - 4,5	4,5 - 5,63	4,5 - 6,19
Грунтова дорога	Суха	4,5 - 5,63	5,63 - 6,75	5,63 - 6,75
	Зволожена дощем	2,25 - 4,5	3,38 - 5,06	3,94 - 5,63
	В період бездоріжжя	1,68 - 2,81	1,68 - 2,81	2,25 - 3,38
Пісок	Сухий	2,25 - 3,38	2,48 - 4,5	2,25 - 3,38
	Вологий	3,94 - 4,5	4,5 - 5,63	4,5 - 5,63
Суглинок	Сухий	4,5 - 5,63	5,06 - 6,19	4,5 - 5,63
	Зволожений до пластичного стану	2,25 - 4,5	2,81 - 4,5	3,38 - 5,06
	Зволожений до текучого стану	1,69 - 2,25	1,69 - 2,81	1,69 - 2,81
Сніг	Вкатаний	1,69 - 2,25	2,25 - 2,81	3,38 - 5,63

Таблиця 4.3 – Нечітка база знань

Q	S	H	P	N	V	Φ	Вага
Q_1	S_2	H_2	P_2	N_1	V_1		1.000
Q_1	S_1	H_1	P_1	N_3	V_1	Φ_1	0.700
Q_1	S_1	H_3	P_3	N_2	V_2		0.999
Q_2	S_2	H_2	P_2	N_2	V_3		0.700
Q_1	S_1	H_2	P_1	N_2	V_2	Φ_2	0.700
Q_2	S_1	H_1	P_3	N_3	V_3		0.998
Q_2	S_1	H_2	P_2	N_3	V_5		0.700
Q_2	S_1	H_1	P_3	N_2	V_3	Φ_3	0.400
Q_2	S_2	H_2	P_3	N_1	V_2		0.300
Q_2	S_1	H_2	P_2	N_1	V_2		0.400
Q_3	S_2	H_2	P_2	N_2	V_3	Φ_4	0.997
Q_3	S_1	H_1	P_1	N_1	V_5		0.400
Q_4	S_2	H_1	P_2	N_3	V_2		0.999
Q_3	S_1	H_1	P_3	N_1	V_1	Φ_5	1.000
Q_4	S_2	H_3	P_2	N_1	V_3		0.400
Q_4	S_2	H_2	P_2	N_1	V_1		0.999
Q_4	S_1	H_2	P_1	N_3	V_2	Φ_6	0.400
Q_4	S_2	H_1	P_2	N_1	V_3		0.400
Q_4	S_1	H_1	P_2	N_1	V_2		0.699
Q_5	S_1	H_1	P_2	N_3	V_5	Φ_7	1.000
Q_5	S_2	H_2	P_1	N_2	V_4		1.000
Q_5	S_2	H_2	P_2	N_3	V_2		1.000
Q_5	S_2	H_2	P_2	N_1	V_3	Φ_8	1.000
Q_5	S_1	H_1	P_2	N_1	V_4		0.600

1) Експериментальний. 2) По запропонованій моделі

Результати використання всієї відомої інформації зведені в табл.4.6. Останній стовпчик цієї таблиці показує наскільки важливе точне знання коефіцієнта зчеплень для ухвалення рішення.

Таблиця 4.4 – Параметри функцій приналежності після настройки

Терм	b	c	Терм	b	c	Терм	b	c
Q_1	0.90	0.97	H_1	21.36	24.33	N_2	64.48	28.92
Q_2	2.50	0.40	H_2	57.15	38.68	N_3	85.92	20.31
Q_3	4.63	0.59	H_3	90.21	26.55	V_1	10.40	14.74
Q_4	6.23	0.42	P_1	0.14	0.04	V_2	10.40	30.06
Q_5	8.58	0.75	P_2	0.20	0.04	V_3	14.07	42.26
S_1	24.88	41.76	P_3	0.32	0.07	V_4	64.65	5.82
S_2	98.93	41.95	N_1	0.10	38.98	V_5	119.99	13.48

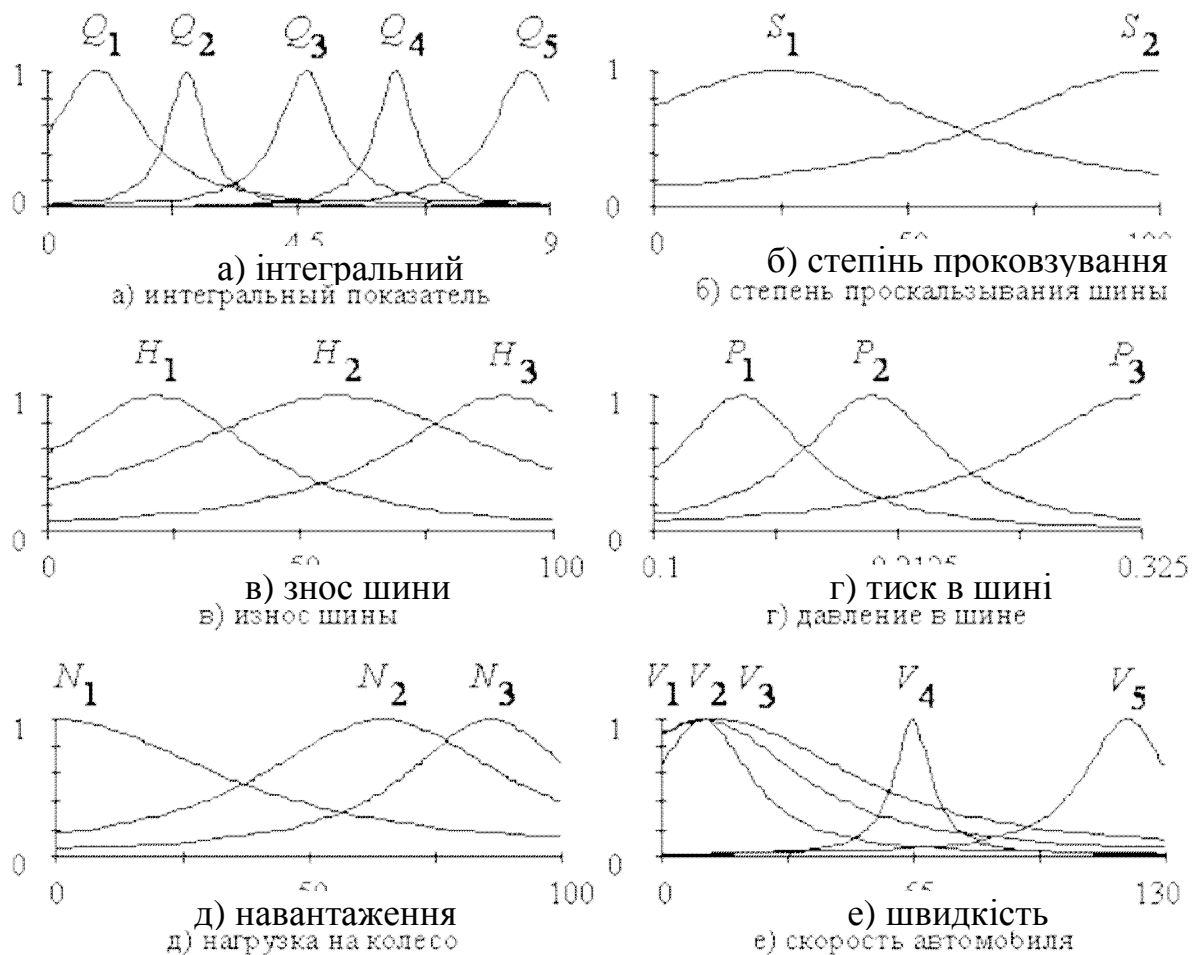


Рисунок 4.2 – Функції приналежності лінгвістичних термів після налаштування

Таблиця 4.5 – Порівняння рішень

Чинники						Коефіцієнт зчеплення		
Q	S	H	P	N	V	Табличний	1)	2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6,15	100	62	0,2	15	20	0.45 - 0.55	0,55	0,54
4,45	100	65	0,2	15	60	0.25 - 0.4	0,33	0,35
4,7	100	65	0,18	20	40	0.30 - 0.45	0,39	0,39
3,4	90	45	0,17	95	120	0.22 - 0.40	0,26	0,26
3,7	64	95	0,25	45	72	0.20 - 0.40	0,28	0,29
3,9	84	81	0,27	67	65	0.25 - 0.45	0,32	0,31
8,1	67	72	0,25	20	58	0.60 - 0.70	0,68	0,68
3,4	65	80	0,14	15	15	0.25 - 0.40	0,27	0,28
3,6	40	75	0,18	20	45	0.30 - 0.45	0,34	0,31
3,9	100	35	0,29	45	110	0.20 - 0.40	0,29	0,29
7,4	35	70	0,19	60	90	0.60 - 0.70	0,62	0,62
5,3	30	5	0,26	90	35	0.40 - 0.50	0,45	0,45
8,6	100	60	0,2	15	20	0.70 - 0.80	0,76	0,75
6,15	100	62	0,2	15	40	0.45 - 0.55	0,52	0,52
6,3	100	65	0,18	20	20	0.50 - 0.60	0,56	0,54
4,7	100	65	0,18	20	60	0.30 - 0.45	0,36	0,38
4,8	15	55	0,21	62	32	0.40 - 0.50	0,42	0,41
5	37	15	0,18	17	25	0.40 - 0.50	0,44	0,42
6,8	70	28	0,16	90	52	0.50 - 0.70	0,55	0,54
7,3	41	37	0,2	50	65	0.60 - 0.70	0,62	0,62
6,7	80	55	0,12	56	62	0.50 - 0.60	0,52	0,54
4,8	100	20	0,23	10	80	0.35 - 0.50	0,39	0,38

Таблиця 4.6 – Результати розрахунків для ухвалення рішення

Методика	Коефіцієнт зчеплення	Зупинний шлях автомобіля, м	Відстань до перешкоди у момент виникнення небезпечної ситуації	Рішення про можливість уникнути наїзду
Що діє	0,25	68,8	46,2 м	неможливо
	0,4	51,0	55,3 м	можливо
Нечіткої логіки	0,35	55,3	53,3 м	неможливо

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Відшкодування збитку, заподіяного працівнику

Згідно ст. 9 Закону України “Про охорону праці”, відшкодування збитку працівнику здійснюється у разі пошкодження його здоров'я або у разі смерті працівника.

Збиток, заподіяний працівнику каліцтвом або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків, відшкодовується Фондацією соцстраху від нещасного випадку в повному розмірі заробітку відповідно до законодавства, а також може виплачуватися потерпілому (членам сім'ї і утриманцям померлого) додаткова допомога.

Розмір додаткової допомоги встановлюється колективним, або трудовим договором.

Суми відшкодування збитку, виплачувані потерпілому (або членам сім'ї і утриманцям померлого), не підлягають оподаткуванню.

Якщо нещасний випадок відбувся унаслідок невиконання потерпілим вимог нормативних актів про охорону праці) розмір допомоги може бути зменшений в порядку, який визначається колективним або трудовим договором. Факт наявності вини потерпілого встановлюється комісією по дослідженню нещасного випадку.

Потерпілому за рахунок засобів Фондації соцстраху від нещасного випадку виплачуються витрати на лікування (у тому числі санаторно-курортне), протезування, придбання транспортних засобів, по догляду за ним і інші види медичної і соціальної допомоги відповідно до медичного висновку, який видається в установленому порядку.

Підставою для оплати потерпілому витрат на медичну допомогу, проведення медичної, професійної і соціальної реабілітації, а також виплат страховок є акт розслідування нещасного випадку або акт розслідування професійного захворювання (отруєння) по встановленій формі. За наявності

факту нанесення морального збитку потерпілому Фондацією соцстраху від нещасних випадків здійснюється виплата страховки за моральний збиток.

За працівниками, які втратили працездатність у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням, зберігається місце роботи (посада) і середня заробітна платня на весь період до відновлення працездатності або визнання їх в установленому порядку інвалідами. У разі неможливості виконання потерпілим попередньої роботи керівник зобов'язаний забезпечити відповідно до медичних рекомендацій його перепідготовку і трудовлаштування, встановити пільгові умови і режим роботи.

Якщо власник не має нагоди працевлаштувати на своєму підприємстві осіб, які частково втратили працездатність, але не стали інвалідами, він зобов'язаний відрахувати цільовим призначенням до Державного фонду сприяння зайнятості населення засобу у розмірі середньорічної заробітної платні працівників за кожне нестворене робоче місце для таких осіб. Трудовлаштування таких осіб здійснюється державною службою зайнятості населення.

Час перебування на інвалідності у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням зараховується в стаж роботи для нарахування пенсії по віку, а також в стаж роботи з шкідливими умовами, який дає право на призначення пенсії на пільгових умовах і в пільгових розмірах.

Під моральним збитком потерпілого розуміються страждання, заподіяні працівнику унаслідок фізичної або психічної дії, що призвели за собою погіршення або позбавлення можливостей реалізації ним своїх звичок і бажань, погіршення відносин з навколишніми людьми, інші негативні наслідки морального характеру.

Відшкодування морального збитку можливе без втрати працездатності. Порядок відшкодування морального збитку визначений законодавством.

4.2. Аналіз ризиків при перевезенні вантажів

За даними транспортної статистики, автотранспорт - найбільш аварійний вид транспорту, в 100 раз більш небезпечний, ніж авіаційний та залізничний, але він є найбільш зручним та доступним. Як показує практика, автотранспортні засоби спричиняють не тільки шкоду життю та здоров'ю громадян та збитків їхньому майну, але навіть шкоду навколишньому природному середовищу. Проте не тільки розмір таких збитків (шкоди) не можна завчасно передбачити та визначити особу, якій може бути завдано такий збиток, а також місце та час такої трагедії. Тому реальні гарантії щодо відшкодування збитків (шкоди), що, до речі, перевірено світовим досвідом розвинутих країн, визнана система обов'язкового страхування цивільної відповідальності власників автотранспортних засобів перед третіми особами, яким може бути завдана шкода (збиток).

Особливе значення цього виду страхування для функціонування Європейського Співтовариства підтверджує той факт, що з метою удосконалення цього виду страхування було видано три спеціалізовані директиви, а також інші директиви, що доповнюють як рішення Ради ЄС, так і рішення Комісії й інших нормативних актів Європейського Співтовариства.

Страховий захист власників автотранспорту вкрай необхідний, і це доведено часом та практикою його здійснення в Україні.

Розвиток міжнародного ділового співробітництва, зростання автомобільних вантажних перевезень і автомобільного туризму вимагає як комплексного рішення проблем страхового захисту інтересів власників авто, так і розуміння безпосередньо ними вимог міжнародного права та соціальності у відносинах страхування.

ВИСНОВКИ

1. Сучасні вітчизняні та закордонні дослідження мають мету удосконалити засоби телематики для позиціонування транспортних засобів у великих містах. Їх недоліками вважають недостатню "видимість", необхідність коректування повідомлень у зв'язку з виникненням додаткових завдань. Нажаль інших задач, крім позиціонування, на навігаційні системи досі не покладають. Звідси випливає, що, всупереч своїм можливостям, AVL системи не запобігають затримкам у дорозі, відхиленням від оптимальних програм руху.
2. При виконанні вантажних перевезень за принципом "не пізніше визначеного терміну" з дотриманням оптимальних режимів руху необхідно обґрунтовано вибирати спосіб, кількість джерел та моменти отримання повідомлень про дорожні транспортні умови руху та організаційні умови приймання і розвантаження АТЗ. З одного боку, використання декількох незалежних інформаційних потоків зменшує відхилення від оптимальної програми руху, з іншого - скорочує час на прийняття ефективних рішень.
3. Комунікабельність автомобілів – це властивість, що визначає можливість встановлення інформаційного зв'язку і обміну інформацією між бортовими інформаційними системами, а також між системами автоматизованого управління супутніх транспортних засобів. При цьому можлива взаємодія і із стаціонарними об'єктами. Ця властивість реалізується використанням, перш за все, пристроїв збору інформації від датчиків і елементів мобільного радіозв'язку малої дальності.
4. Запропоновані залежності можуть бути використані для оцінки швидкостей руху на багатосмугових міських магістралях при різному завантаженні рухом. Залежності (5,6) дозволяють оцінити пропускну спроможність ділянок міських магістралей при русі в різних погодних умовах.

5. З метою відображення змін, що постійно відбуваються в експлуатації, результати досліджень за визначенням граничного коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою періодично оновлюються, на підставі чого коректуються прийняті норми і розрахункові залежності.
6. З допомогою стендової установки із змінним моментом опору можна в реальному часі при випробуваннях силового агрегату автомобіля з імітуванням інерційних навантажень.
7. Порівняння модельних і експериментальних результатів оцінки коефіцієнта зчеплення при використанні нечіткої логіки, свідчить про задовільну для практики адекватність отриманої моделі. Результати використання всієї відомої інформації показують, наскільки важливе точне знання коефіцієнта зчеплень для ухвалення рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блінцов В. С., Волянський С. М., Блінцов В. С. Синтез і дослідження систем автоматичного керування рушійно-кормовим комплексом підводного апарата. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2015. № 5(2). С. 58-63.
2. Вовк Ю. Я та ін. Автоматизоване водіння: підвищення безпеки вантажних перевезень автомобільним транспортом. 2021. 375 с.
3. Вовк, Ю. Я. та ін. Сучасні транспортні технології: platooning та перспективи впровадження. *Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “*, 2021. С.101-102.
4. Воркут Т. А, Моделювання процесів і параметрів перевезень у взаємодіючих накопичувальних системах // Вісник північного наукового центру транспортної академії України. - Випуск 5. - 2003. - С.92-93.
5. Гащук П. М. Оптимізація топливо-скоростних свойств автомобіля. – Львов: Вища шк. Из-во при Львов. ун-те, 1987. – 168 с.
6. Григоров М. А., Дащенко А. Ф., Усов А. В. Проблемы моделирования и управления движением транспортных потоков в крупных городах. – Одесса: „Астропринт”, 2004. – 266с.
7. Доля В. К., Оліскевич М. С. Оптимізація параметрів інформаційних потоків при виборі режимів руху автотранспортних засобів на вантажних магістральних перевезеннях. //Коммунальное хозяйство городов. Наук.-техн. зб. Серія: технічні науки та архітектура. К.: Техніка, 2007. Вип. 79. С.305-313.
8. Лемішко Д. С. Екологія автомобільного транспорту. 2022. 230 с.
9. Подригало М. А., et al. Аналіз та прогнозування європейських екологічних норм для автомобільного транспорту та аналогічні нормативи в Україні. *Экология и промышленность*, 2010, 1: 4-9.

10. Кужель В. П., Ковальов О. Ф. *Наслідки шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище*. 2015. PhD Thesis. ВНТУ.
11. Левковець П.Р., Беляєвський Л.С., Топольськов Є.О., Сердюк А.А. Застосування методів просторово-часової обробки інформації в диспетчерських центрах при вирішенні задач управління міським пасажирським автотранспортом // *Вісник НТУ*. –2006.–№13. Ч.2. С.44-50.
12. Оліскевич М.С. Вплив завантаженості автопотяга на питомі витрати палива // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля*. – №6(112). – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2007. – С.169-173.
13. Оліскевич М.С. Залежність швидкості і прискорення автомобіля в транспортному магістральному потоці від характеристик інформаційного поля/ *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*. 2008. №2(6) С.132-137.
14. Шевченко Ю. В., Акмалдінова В. Є., Волковська Г. Г. Оцінка впливу цифрових мобільних додатків на транспортну галузь. *Вчені записки*, 2021, 42021262.
15. Hashchuk, L. P., & Hashchuk P. M. (2022). Регуляризація і типізація паливних характеристик автомобільного двигуна внутрішнього згорання. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 25, С. 47-64.
16. Klimovich A., Shuts Vasiliy. Основні тенденції у розвитку адаптивних методів управління транспортними потоками. *Збірник наукових праць "Електроніка та інформаційні технології"*, 09.
17. Some ideas for freeway congestion mitigation with advanced technologies, *Traffic Eng. Control* 43(10), 397-403 (2002).
18. SRR радар на каждый автомобиль.
<http://autoline.com.ua/news.php?code=1106812330>
19. Finns test cell phone system to monitor traffic John Blau (IDG News Service)
<http://www.inauka.ru/experiment/article64406.html>
20. Förster H.J. "Der Fahrzeugfurer als Bindeglied Zwischen Reifen. Fahrwerk und Fahrbahn", *VDI Berichte*, Nr. 916, 1991.