

АНОТАЦІЯ

Гоїнець І. О. Обґрунтування телеметричного оснащення для систем прогресивного керування і безпеки магістральних автопоїздів. – Магістерська робота. Дубляни, Львів. Нац. ун-т зоовет. медицини та біотехнологій ім.С.З.Гжицького. – 96 с.

У цій роботі детально описано архітектуру системи, апаратну реалізацію та програмні модулі, розроблені для задоволення вимог до керування транспортними засобами, сприйняття та планування, що висувуються цим застосуванням. Крім того, описано розробку користувацького інтерфейсу людина-машина та супутню навчальну програму, а також створення реалістичного середовища моделювання руху в колонах для швидкої розробки такої системи на практиці.

Ця робота зосереджена на одному з таких узагальнених підходів взаємодії автомобілів на магістралях, відомому як колона. Ширша перспектива того, як колона може бути ефективно використана в системі вантажних перевезень, отримала менше уваги. Крім того, експериментальні перевірки потенціалу економії палива, що пропонується колоною, зазвичай виконувалися шляхом відтворення ідеальних умов, як передбачалося при проектуванні автоматичних контролерів.

Ця робота зосереджена на цих двох аспектах, розглядаючи наступні дві цілі: забезпечення програми руху в колоні, забезпечення інформаційного забезпечення вибраної програми руху.

У цій роботі подані результати досліджень, які доводять, що розв'язати сформульовані проблеми комплексно може багаторівнева інформаційна система керування транспортними процесами.

Мета роботи – оцінити об'єктивну потребу і розробити спосіб використання інформаційних повідомлень навігаційного характеру, на підставі яких можна вибрати і дотримуватись оптимального, або близького до оптимального режиму руху АТЗ. Розглядалися лише ті сигнали, які бортові системи АТЗ отримують телеметрично.

Об'єкт дослідження – технічні вимоги щодо оснащення вантажівки телеметричними засобами прогресивного керування.

Предмет дослідження – вплив інформаційних сигналів на спроможність безпечного і енергоощадного керування вантажівкою в колоні на автомагістралі.

Ключові слова: рух в колонах, телеметрія сигналів, прогресивне керування.

ABSTRACT

Goinets I. O. Justification of telemetric equipment for progressive control and safety systems of highway road trains. Master's thesis. Lviv. National University of Zoovet. Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky. 96 p.

This work describes in detail the system architecture, hardware implementation and software modules developed to meet the requirements for vehicle control, perception and planning posed by this application. In addition, the development of a human-machine user interface and an accompanying training program is described, as well as the creation of a realistic platoon traffic simulation environment for the rapid development of such a system in practice.

This work focuses on one such generalized approach to the interaction of vehicles on highways, known as a platoon. The broader perspective of how a platoon can be effectively used in a freight transportation system has received less attention. In addition, experimental tests of the fuel saving potential offered by the convoy were usually carried out by reproducing ideal conditions, as was assumed when designing automatic controllers.

This work focuses on these two aspects, considering the following two goals: ensuring the movement program in the convoy, ensuring information support for the selected movement program.

This work presents the results of research that prove that a multi-level information system for managing transport processes can comprehensively solve the formulated problems.

The purpose of the work is to assess the objective need and develop a method for using information messages of a navigational nature, on the basis of which it is possible to select and adhere to the optimal or close to optimal mode of movement of ATZ. Only those signals that the on-board ATZ systems receive telemetrically were considered.

The object of the study is the technical requirements for equipping a truck with telemetric means of progressive control.

The subject of the study is the influence of information signals on the ability of safe and energy-saving truck control in a convoy on a highway.

Keywords: traffic in convoys, signal telemetry, progressive control.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СТАН ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ ПЛАНУВАННЯ РУХУ	10
1.1 Аналіз можливостей технології поїздки в колонах.....	10
1.2 Аналітичний огляд існуючих і перспективних систем ідентифікації розташування магістральних автопоїздів.....	16
1.3 Аналіз існуючих і перспективних систем навігації, активної та пасивної безпеки колони автомобілів.....	20
1.4 Аналіз причин і наслідків дорожньо-транспортних пригод на магістралях	29
1.5 Дослідження впливу застосування інформаційних технологій на ефективність вантажних перевезень на підприємстві	32
1.6 Висновки та формулювання завдань роботи	33
2 ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ	34
2.1 Формулювання задачі.....	34
2.2 Оцінювання ефективності бортової інформаційно-вимірювальної системи вантажних автомобілів і автопоїздів	37
2.3 Аналіз способів визначення маси вантажу, що перевозиться	39
2.4 Моделювання бажаної програми руху автопоїздів.....	41
2.5 Модель вимірювання сили опору кочення.....	49
2.6. Аналіз системи двонаправленого стеження автомобіля.....	53
3 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ В КОЛОНАХ.....	58
3.1 Структура і функціонування інформаційної системи.....	58
3.2 Методика імітаційного моделювання.....	62
3.4 Оцінювання коефіцієнта зчеплення коліс автомобілів з дорогою на експлуатованих ділянках магістралі.....	65
3.5 Оцінка швидкостей руху автомобілів.....	71
4 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ПРОГРЕСИВНОГО КЕРУВАННЯ.....	77
ВИСНОВКИ.....	79

СПИСОК ПОСИЛАНЬ	81
ДОДАТКИ.....	86
Додаток А. Фрагмент програми Excel розрахунку транспортної системи...	86
Додаток Б. Карта технічного рівня GPS-приймачів.....	87

ВСТУП

Їзда вантажівок у колоні має великий потенціал для зниження транспортних витрат, знижуючи витрату палива завдяки покращеній аеродинаміці через зменшення опору повітря, усуваючи необхідність уважності водія в другому транспортному засобі, та краще використовуючи ресурси вантажівки завдяки оптимізації часу водіння та мінімізації часу простою. На суспільному рівні безпека водіння підвищується, оскільки зазвичай 90% усіх аварій спричинені людиною, а технологія поїздки в колоні запобігає людським помилкам, що призводить до зменшення кількості аварій та збитків.

Під час магістральних вантажних перевезень екіпажі сучасних автотransпортних засобів мають змогу отримувати первинні сигнали з різних джерел про координати та швидкість: власні та інших учасників дорожнього руху та нерухомі об'єкти. Вони обробляються, в результаті чого стає доступною інформація про транспортні і дорожні умови. В зв'язку з бурхливим розвитком засобів телеметрії та інших інформаційно-аналітичних комплексів на автомобільному транспорті, тепер ведуться дослідження і впроваджуються розробки щодо підвищення інтенсивності їх застосування. Проте, на практиці рідко зважають на те, чи ефективно використана уся доступна інформація під час вироблення рішень, особливо тих, які стосуються великих транспортно-технологічних систем.

У цій кваліфікаційній роботі ставилась мета оцінити об'єктивну потребу і розробити спосіб використання інформаційних повідомлень навігаційного характеру, на підставі яких можна вибрати і дотримуватись оптимального, або близького до оптимального режиму руху АТЗ. Розглядались лише ті сигнали, які бортові системи АТЗ отримують телеметрично.

Віднедавна загострюються проблеми доставки вантажів: підвищуються ризики їх втрати, зростають затримки в доставці особливо низько пріоритетних відправлень, перевізники мають дуже низький рівень використання провізних можливостей парків АТЗ, який тепер перевищує потребу в Україні за транзитом і внутрішніми перевезеннями в 1,45 рази. Це відображається також

на функціонуванні автомобільної транспортної мережі. Її навантаження прямує до максимального. У цій роботі подані результати досліджень, які доводять, що розв'язати сформульовані проблеми комплексно може багаторівнева інформаційна система керування транспортними процесами. Деякі з них перебувають в такому становищі, що є фактично недоступними. Водночас наявні обсяги інформації уже не задовольняють перевізників, що призводить до ризиків, які перетворюються в наведені вище проблеми.

Об'єкт дослідження – технічні вимоги щодо оснащення вантажівки телеметричними засобами прогресивного керування.

Предмет дослідження – вплив інформаційних сигналів на спроможність безпечного і енергоощадного керування вантажівкою в колоні на автомагістралі.

1 СТАН ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ І ПРАКТИЦІ ПЛАНУВАННЯ РУХУ

1.1 Аналіз можливостей технології поїздки в колонах

Система поїздок вантажівок у колоні – це майбутнє транспорту, в якому вантажівки рухаються спільно з інтервалом менше 1 секунди, що стало можливим завдяки технології автоматизованого водіння [25].

Транспортні компанії отримують вигоду від зниження витрати палива та підвищення продуктивності (водіїв), тоді як суспільство отримує вигоду від меншої кількості аварій, безпечнішого руху та менших заторів на дорогах, а також зниження викидів вуглецю [21].

У цьому розділі магістерської роботи ми пояснюємо, що таке «платунінг» – поїздка в колоні, які переваги вона приносить для яких сторін у ланцюжку поставок, а також дорожню карту впровадження цієї системи на європейських дорогах. Розробки базової технології кооперативного адаптивного круїз-контролю (КАКК) тривають вже багато років, проте широкомасштабне впровадження колонної системи вантажівок є загальносистемним інноваційним викликом, який вимагає узгодженого підходу всіх зацікавлених сторін у суспільстві [25]. Наприклад, політики повинні зробити свій внесок у підтримуюче законодавство, такі регулятори, як європейські законодавчі регулятори, повинні розробити методології затвердження типу, орієнтовані на безпеку, виробники вантажівок та виробники оригінального обладнання повинні прагнути до сумісності систем платунінгу за принципом «підключи подібного», страхові компанії повинні розробити нові схеми покриття відповідальності, а вантажовідправники можуть закликати своїх перевізників та постачальників логістичних послуг формувати якомога більше колон та змінювати свої ланцюги поставок, тоді як іншим учасникам дорожнього руху потрібно навчитися пристосовуватися до двовантажівкових автопоїздів.

Можна уявити собі безпілотну вантажівку як частину автопоїзда, таку, що може їхати, виключно «спілкуючись» з вантажівкою, що рухається попереду, формуючи колону вантажівок. Водій вантажівки, що веде, бере першу

зміну, їдучи, наприклад зі Львова до Парижа. Водій вантажівки, що їде наступною, спить, оскільки його вантажівка автоматично слідує за командиром колони. Біля Парижа водії міняються ролями та змінюють порядок вантажівок на протилежний. Водій вантажівки, що їде наступною, може відпочити, або виконати адміністративну роботу. Немає потреби зупинятися для відпочинку; відпочинок можна робити під час руху. Водії ще кілька разів міняються місцями. Після прибуття до Парижа вантажівки розділяються та окремо їдуть до своїх кінцевих пунктів призначення.

Цей передовий сценарій може бути реалізований щонайменше через десятиліття, але протягом кількох років взяття керма в руки в повільному русі в годину пік стане реальністю. Безпілотні легкові автомобілі вже довели свою доцільність на дорогах загального користування, як продемонстрував експеримент на голландській автомагістралі A101 [22].

Інші виробники оригінального обладнання, такі як Daimler-Mercedes, BMW, Audi та Tesla, продемонстрували свої рішення для автоматизованого водіння.

Що стосується колон вантажівок – теми нашої роботи – інвестиції в дослідження та розробки є значними та перспективними по всій Європі, наприклад, у Scania, Volvo та DAF. У багатьох фірмах інженери працюють над тим, щоб зробити це можливим для колон вантажівок у Європі, розробляючи технологічні рішення та впроваджуючи ці рішення в інноваційні логістичні концепції.

По суті, колона з двох вантажівок схожа на короткий поїзд, що рухається дорогою, причому вантажівки їдуть дуже близько одна до одної (див. Рисунок 1.1).

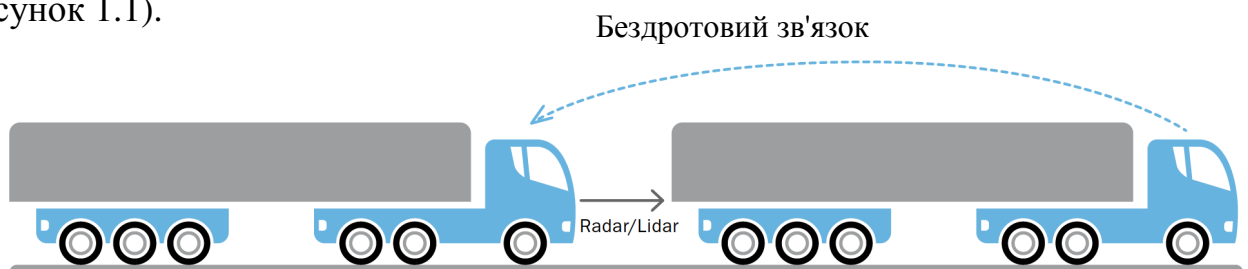


Рисунок 1.1 – Коротка ілюстрація розуміння платунінгу вантажівок

Відстань між двома вантажівками може бути надзвичайно малою, що створює бажану форму руху «пліч-о-пліч». Відстань може становити всього 0,3 секунди, що на швидкості 80 км/год. становить приблизно 6,7 метра між транспортними засобами. Їзда так близько один до одного стала можливою завдяки передовій технології автоматизованого водіння (AD) у поєднанні з бездротовим зв'язком між транспортними засобами (V2V), який дозволяє транспортним засобам спілкуватися один з одним.

Після активації колони, наступний транспортний засіб у колоні слідує за ведучим транспортним засобом. Наступний транспортний засіб тепер автоматично слідує за ведучим транспортним засобом, без втручання його водія. Оскільки транспортні засоби можуть «спілкуватися» один з одним, вони можуть регулювати свою швидкість і положення без типової затримки реакції водія-людини. Транспортні засоби спілкуються в обох напрямках, тому ведучий транспортний засіб також може регулювати свою швидкість або положення на основі реакції наступного транспортного засобу. А оскільки транспортні засоби з'єднані бездротовим способом, можна легко сідати та виходити з колони на ходу. Немає потреби зупиняти рух; підключення до колони або відключення може відбутися під час руху одним натисканням кнопки.

Технологія автоматизованого водіння (AB) пропонує можливість фундаментально змінити транспорт. Мета технології AB полягає в тому, щоб транспортні засоби керували автономно, безпечно та комфортно. Оснащення автомобілів та великогабаритних вантажних автомобілів цією технологією, ймовірно, зменшить кількість аварій, витрату палива, забруднення та затори.

Багато систем, що є частиною технології AB, вже комерційно доступні, такі як адаптивний круїз-контроль (ACC), система утримання смуги руху (LKA), автономне екстрене гальмування (АЕГ) та автоматизоване паркування або допомога при паркуванні. Колони базуються на цих технологіях, розробляючи кооперативний адаптивний круїз-контроль (CACC). Міжнародні рівні автоматизації для дорожніх транспортних засобів SAE перераховують 5 рівнів

від відсутності автоматизації до повної автоматизації, де колона вантажівок може бути розміщена на рівнях від 2 до 4 включно.

У таблиці 1.1 зведено рівні автоматизації керування дорожніми транспортними засобами, визначені SAE International. Інформаційний звіт J3016 містить повні визначення цих рівнів та термінів, виділених курсивом. Рівні є описовими, а не нормативними, та технічними, а не юридичними. Елементи вказують на мінімальні, а не максимальні можливості для кожного рівня. «Система» стосується системи допомоги водієві, комбінації систем допомоги водієві або автоматизованої системи керування, залежно від обставин. У таблиці також показано, як рівні SAE остаточно відповідають рівням, розробленим Федеральним науково-дослідним інститутом автомобільних доріг Німеччини (BASt), та приблизно відповідають рівням, описаним Національною адміністрацією безпеки дорожнього руху США (NHTSA) у її «Попередній заяві про політику щодо автоматизованих транспортних засобів» від 30 травня 2013 року [5].

Загалом, технології АВ – це роботизовані системи, які «відчують» навколишнє середовище за допомогою комбінації датчиків, таких як лідар (виявлення світла та визначення дальності), радар і камери. Датчики також можуть компенсувати слабкі сторони один одного та забезпечувати резервування. Наприклад, якщо на дорозі надзвичайно туманно, камери практично – марні. Однак радар і лідар все ще працюють і компенсують брак інформації, що надається камерою. Для локалізації автоматизований транспортний засіб може використовувати глобальні системи позиціонування (GPS) та інерціальні навігаційні системи (INS).

Знову ж таки, якщо GPS тимчасово вийде з ладу, INS може взяти на себе роботу, використовуючи акселерометри (датчики руху) та гіроскопи (датчики обертання), допомагаючи транспортному засобу орієнтуватися, доки GPS не повернеться до роботи. Це дуже ймовірний сценарій під час руху в тунелях, де GPS не працює, але автомобіль все ще може орієнтуватися за допомогою INS.

Таблиця 1.1 – Зведена інформація про рівні автоматизації керування дорожніми транспортними засобами

Рівень	Назва	Визначення наративу	Виконання керування та прискорення/гальмування	Моніторинг умов водіння	Резервне виконання завдання динамічного водіння	Можливості системи (режими руху)	BAS	NHTSA
<i>Водій-людина контролює умови водіння</i>								
0	Без автоматизації	Повноцінне виконання водієм-людиною всіх аспектів завдання динамічного водіння, навіть за умови покращення його за допомогою систем попередження або втручання	Водій-людина	Водій-людина	Водій-людина	не автоматизовано	тільки водій	0
1	Допомога водієві	Виконання системою допомоги водієві керування або прискорення/сповільнення в залежності від режиму водіння з використанням інформації про умови водіння та з очікуванням, що водій-людина виконає всі інші аспекти завдання динамічного водіння.	Людина-водій та система	Водій-людина	Водій-людина	Some driving modes	Допомога водієві	1
2	Часткова автоматизація	Виконання кермового керування та прискорення/сповільнення однією або кількома системами допомоги водієві в залежності від режиму водіння з використанням інформації про умови водіння та з очікуванням, що водій-людина виконає всі інші аспекти завдання динамічного водіння.	Система	Водій-людина	Водій-людина	Some driving modes	Частково автоматизовано	2
<i>Автоматизована система водіння («система») контролює умови водіння</i>								
3	Умовна автоматизація	Характеристики автоматизованої системи водіння, що відповідають умовам режиму водіння, враховують усі аспекти динамічного водіння з очікуванням, що водій-людина належним чином відреагує на запит про втручання.	Система	Система	Водій-людина	Деякі режими водіння	Високоавтоматизований	3
4	Висока автоматизація	Характеристики автоматизованої системи водіння, що відповідають умовам режиму водіння, у всіх аспектах динамічного водіння, навіть якщо водій-людина не реагує належним чином на запит про втручання.	Система	Система	Система	Деякі режими водіння	Повністю автоматизований Повністю автоматизований	3/4
5	Повна автоматизація	Повноцінне виконання автоматизованою системою водіння всіх аспектів динамічного водіння за будь-яких дорожніх та екологічних умов, якими може керувати водій-людина.	Система	Система	Система	Усі режими руху		

Для бездротового зв'язку було затверджено спеціальний стандарт Wi-Fi: IEEE 802.11p. Це розширення технології Wi-Fi (802.11), знайомої нам усім з дому та робочого середовища, але з доданою підтримкою для програм

інтелектуальних транспортних систем (ITS), таких як керування вантажівками у колоні. Стандарт 802.11р дозволяє обмін даними між транспортними засобами (V2V) та зв'язок між транспортним засобом та інфраструктурою (V2I) і працює в діапазоні частот 5,9 ГГц [7].

Впровадження платунінгу призведе до зміни парадигми в автомобільних перевезеннях та проектуванні ланцюга постачання. Перевізники можуть отримувати більший прибуток, співпрацюючи з іншими перевізниками, щоб максимально об'єднатися [4]. Щоб забезпечити таку співпрацю між перевізниками та забезпечити оперативне об'єднання вантажівок різних перевізників, виникне постачальник послуг для зв'язку між вантажівками. Отже, впровадження платунінгу не можна відокремити від аналізу ланцюга постачання. Вона буде успішною лише тоді, коли ключові зацікавлені сторони в ланцюзі постачання матимуть позитивне бізнес-обґрунтування. З цією метою ми пропонуємо широкий огляд шляхів розвитку платунінгу (Розділ 2), аналіз ланцюга постачання (Розділ 3) та бізнес-обґрунтування перевізників (Розділ 4). Ми також обговорюємо бар'єри та ризики, які необхідно подолати, щоб зробити колонізацію вантажівок повсякденною реальністю. Нарешті, описано покроковий підхід до впровадження платунінгу. Поетапне впровадження має вирішальне значення для широкого визнання технології колонінгу в суспільстві загалом, і особливо серед інших учасників дорожнього руху.



Рисунок 1.2 – Технологія формування колони зрештою дозволить пелотонам перевозити більше двох транспортних засобів (Джерело: Безпека дорожнього руху Великої Британії)

Очікується, що широкомасштабне впровадження в галузі комерційних перевезень буде можливим приблизно протягом п'ятирічного періоду¹⁰, щоб у 2030 році форма колонінгу вантажівок (наприклад, рівні SAE 2 або 3) була законодавчо дозволена та комерційно доступна. Більш широке застосування колонінгу (наприклад, рівень SAE 4 або 5) не очікується раніше 2035 року. Звичайно, в цих часових рамках є чимало здогадок, оскільки терміни дуже залежать від політичної підтримки, фінансування інновацій, технологічного прогресу та громадського сприйняття. Ці часові рамки детально описані в [26], де пропонується замовити п'ятирічну голландську програму відкритих інновацій з метою комерційного колонінгу у 2030 році.

Що стосується процесу розробки, ми можемо порівняти колону вантажівок із траєкторією зростання розробок LZV у Нідерландах [25]. Початкові дрібномасштабні експерименти розпочалися ще у 2000 році, перші широкомасштабні випробування розпочалися у 2006 році [19]. Остаточні розробки були завершені у 2012 році, коли LZV було офіційно дозволено на головних дорогах Нідерландів, тож приблизно через 6 років 11. Використовуючи обнадійливий досвід LZV, очікується, що розробки будуть відбуватися за зразком LZV, таким чином, що колона вантажівок буде офіційно дозволена на головних дорогах Європи приблизно через п'ять років. Необхідні зміни до європейського законодавства та узгодження голландського законодавства щодо часу водіння/відпочинку (ЄС 561/2006) та законодавства про цифрові тахографи (ЄЕС 3821/85) будуть одними з найбільших загроз для цього графіка, як і технологічні труднощі, пов'язані із забезпеченням надійного контролю над колоною за будь-яких обставин [24].

1.2 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 «чо-

рна 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.

В сучасних умовах для забезпечення гнучкого і безперервного управління пересуванням, зосередженням, маневром АТЗ необхідна точна інформація про місцеположення рухомих об'єктів. Рішення цієї задачі забезпечується широким застосуванням на рухомих об'єктах засобів навігації. Для цього всі рухомі одиниці, що беруть участь в пересуванні, повинні бути оснащені системами навігації, здатними безперервно, надійно і точно визначати їх місцеположення на місцевості, в різних метеоумовах, в будь-який час доби і пору року. Найбільш повно в досягненні зазначених цілей зарекомендували себе комплексні системи навігації (КСН). До складу КСН входять елементи автономних навігаційних систем (АНС) і радіонавігаційних систем (РНС), як наземного (НРНС), так і космічного базування, так званих супутникових радіонавігаційних систем (СНРС) [15]. Спільна обробка інформації, отриманої від різних незалежних СН, дозволяє підвищити точність визначення місцеположення окремих наземних об'єктів, а відповідно і ефективність управління транспортом [9].

Інерціальні навігаційні системи (ІНС) на гіростабілізованих платформах здатні забезпечувати точні вимірювання навігаційних параметрів в будь-яких умовах, не випромінюючи при цьому, ніяких сигналів. Крім того, вони повністю захищені від шумів. Однак, фахівці відмічають і недоліки ІНС [11]. Це досить висока вартість, складність настройки перед початком руху, необхідність частих зупинок на опорних пунктах з відомими координатами для проведення корекції. Точність ІНС залежить від плавності ходу рухомого об'єкта і від наявності опорних пунктів за маршрутом руху. Незважаючи на це, ІНС на гіростабілізованих платформах широко застосовуються на різних рухомих

об'єктах. За принципом дії вказана система є інерціальною і являє собою лічильник пройденого шляху. До її складу входять гіростабілізована платформа з двома механічними двохступневими гіроскопами і трьома акселерометрами; БЦОМ з клавіатурою введення координат початкового пункту, цифровий індикатор поточних координат; джерело електроживлення. ІНС PADS AN/USQ-70 дозволяє визначати прямокутні координати (X, Y), висоту (H) місцеположення і дирекційний кут (α) повздовжньої осі машини (носія ІНС). Дані про місцеположення машини (носія ІНС) відтворюються на цифровому табло. Для передачі дирекційного кута на інші об'єкти і визначення їх координат відносно машини з ІНС до комплекту системи включений теодоліт та імпульсний світловіддалемір. Кругова вірогідна помилка (КВП) визначення координат об'єкта за маршрутом руху, з урахуванням корекції, не перевищує 10 м [4].

Намітилася тенденція переходу від ІНС на гіростабілізованих платформах до безплатформних інерціальних навігаційних систем (БІНС). Є також БІНС на лазерних, волоконно-оптичних, динамічно-вібраційних гіроскопах. Найбільше поширення отримали лазерні гіроскопи. Виділяють такі переваги лазерних гіроскопів перед механічними [4,5]:

- нечутливість до прискорень і перевантажень;
- високі характеристики точності;
- малий час доведення до готовності;
- малу споживану потужність;
- високу надійність і тривалий термін служби.

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 – влас-

ником або засобами РЕБ противника, можливість короткотривалого або повного припинення трансляції навігаційної інформації з ШСЗ.

Вказані недоліки можуть спричинити перерви у роботі апаратури GPNS.

Спільна обробка інформації від АНС і GPNS дозволяє використовувати переваги кожної системи (безперервність надходження інформації з АНС і відсутність помилок накопичення у GPNS з часом) компенсувати їх недоліки (накопичення помилок в АНС з часом, дискретність визначень і можливі перерви в роботі GPNS) і, таким чином, забезпечувати безперервне точне, достовірне і надійне визначення навігаційних параметрів рухомих об'єктів.

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.

1.3 Аналіз існуючих і перспективних систем навігації, активної та пасивної безпеки колони автомобілів

З початку 1960-х років сучасна навігація використовувала гібридні (інтегровані) навігаційні системи, де різні електронні сенсорні пристрої (датчики) використовуються поруч для збору інформації, необхідної для визначення «безперервного» положення навігованого транспортного засобу та зменшення помилок інерційних датчиків [14].

Використовувалися інтегровані системи, що поєднують кілька незалежних навігаційних датчиків, таких як інерційний вимірювальний блок, доплерівський радар та стаціонарні радіолокаційні пристрої (наприклад, TACAN). В роботі [16] автор досліджував оптимізацію таких інтегрованих навігаційних систем, наприклад, «Комбіновану навігаційну систему».

Усе це доводить, що автоматизована система магістралі (АСМ) стане реальністю [33].

Незважаючи на певні відмінності в стратегіях розвитку інформаційних транспортних систем Японії, країн Західної Європи та США, в їх архітектурі та функціях є багато спільного. До типової можна віднести архітектуру ІТС США, в якій виділено чотири підсистеми: перевізник, транспортний засіб, дорога та центр управління [30].

Система автомобільної супутникової навігації є складним багатокомпонентним програмно-апаратним комплексом. На нього покладені завдання: визначення точного місцезнаходження автомобіля, розробки оптимального маршруту руху і його коректування у випадку, якщо водій відхилився від траси [1,6]. Навігаційна система оперативно обробляє отриману з супутника інформацію і, не відволікаючи водія від управління автомобілем, голосом сповіщає

про зміну напрямку руху згідно прокладеного, або відкоректованого маршруту.

На Рисунок 1.2 показана структурна схема типової моделі реєстратора. Основу його конструкції становить монтажний комплект – касета, яка встановлюється всередині автомобіля в кабіні водія в безпосередній доступності водія або експедитора перевезень. В касеті встановлені всі основні вузли реєстратора. Малогабаритна антена 1 GPS, встановлена зверху кабіни автомобіля (в деяких випадках – на панелі приладів під вітровим склом всередині кабіни), приймає і підсилює сигнали навігаційних супутників GPS і направляє їх по кабелю до плати GPS приймача 2. Приймач GPS виробляє поточні координати транспортного засобу відносно системного часу. Вся робота реєстратора управляється бортовим мікропроцесором – контролером 3.

Реєстратор працює або повністю в автоматичному (автономному) режимі, або оперативно за допомогою клавіатури 5 з контролем на дисплеї, які разом використовуються в реєстраторі як опції. Контролер через мультиплікатор-ущільнювач каналів керує роботою реєстратора і АЦП аналогових бортових датчиків, а за допомогою порта/інтерфейса I/O (Input/Output - вхід/вихід) – відповідно і цифрових датчиків.

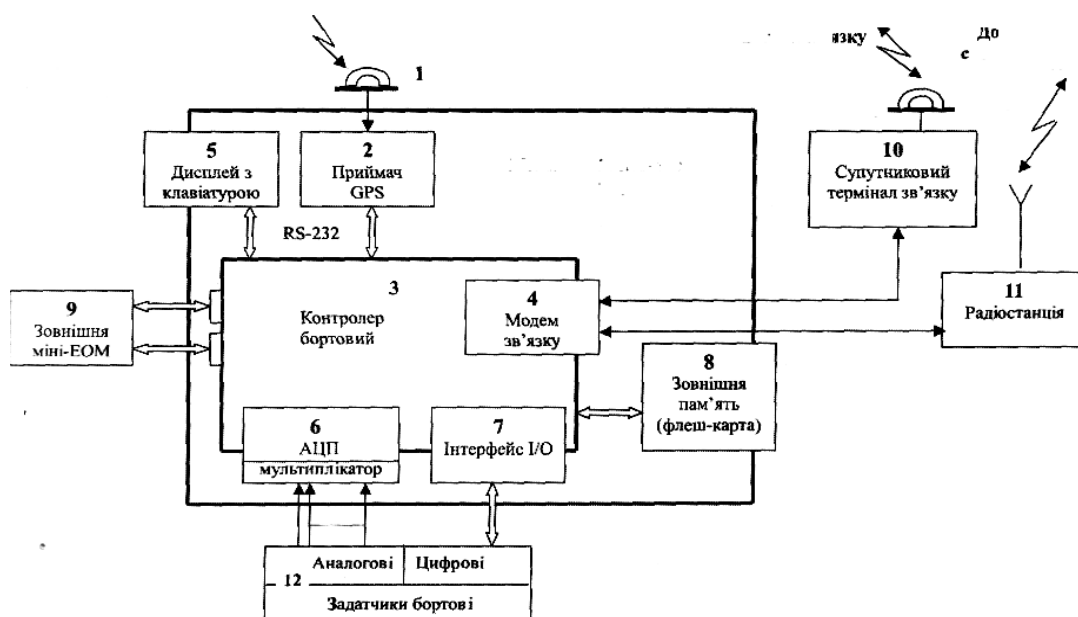


Рисунок 1.3 – Структурна схема реєстратора

За допомогою модему зв'язку 4 реєстратор з'єднується з бортовими терміналами каналів зв'язку - супутниковим 10 (наприклад, Inmarsat D+) та мобільним стільниковим 11 (наприклад, GSM режиму GPRS). Реєстрація функцій забезпечується одним із видів електронної пам'яті типу змінної флеш-карти. Періодичний контроль роботи і налагодження реєстратора, в тому числі прошивка програмного забезпечення цифрового контролера, виконується зовнішньою переносною персональною міні ЕОМ 9. Ця ЕОМ, як і термінали радіозв'язку і бортові датчики, не входить до складу реєстратора, а є сервісом автомобіля [25].

Відповідно до вимог приватних користувачів можливе також введення та програмування інших додаткових функцій. Всі ці функції забезпечуються з прив'язкою до шкали часу – національної, або всесвітньої [23].

Сучасна концепція побудови інформаційних підсистем в складі АСУТ передбачає їх комунікаційне забезпечення за допомогою зовнішніх апаратно-програмних засобів і каналів радіозв'язку – приватних, корпоративних або тих, що орендуються, у спеціалізованих підприємствах-операторів. Крім передачі мовних повідомлень для функціонування інформаційної підсистеми необхідні канали передачі даних, по яких цифрова інформація передається в потрібних для АСУТ об'ємах та з необхідною швидкістю [24].

В табл.1.1 наведені основні характеристики ІНС [17]. Намітилася тенденція переходу від ІНС на гіростабілізованих платформах до *безплатформних інерціальних навігаційних систем* (БІНС). Є також БІНС на лазерних, волоконно-оптичних, динамічно-вібраційних гіроскопах. Найбільше поширення отримали лазерні гіроскопи. Виділяють такі переваги лазерних гіроскопів перед механічними [45]:

- нечутливість до прискорень і перевантажень;
- високі характеристики точності;
- малий час доведення до готовності;
- малу споживану потужність;
- високу надійність і тривалий термін служби.

Таблиця 1.2 – Основні характеристики інерціальних навігаційних систем

Найменування ІНС, фірма, країна, рік розробки	Склад і характеристики ІНС на гіростабілізованих платформах	Точність визначення місцеположення
1.PADS AN/USQ-70 "LITTON" США 1981 р.	Гіроскопічний пристрій, акселерометри. ІНС визначає X, Y, H Прив'язка проводиться за допомогою гірокомпаса, лазерного віддалеміра і теодоліта. Час орієнтування 8-10 хв. Маса ІНС – 40 кг	10 м (КВП) з обліком корекції через кожні 8-10 хвилин (час корекції - 20 с)
2.PADS MK2 "Ferranti" Англія 1985 р.	Гіроскопічний пристрій, акселерометри, ІНС визначає X, Y, H Прив'язка проводиться за допомогою гірокомпаса, лазерного віддалеміра і теодоліта. Час орієнтування 8-10 хв. Маса ІНС - 50 кг	5 м (КВП) з обліком корекції через кожні 5-8 хвилин. (час корекції - 20 с)
3.PADS "ТА-МAM" "ТА-МAM" Ізраїль 1988 р.	Гіроскопічний пристрій, акселерометри. ІНС визначає X, Y, H Прив'язка проводиться за допомогою гірокомпаса, лазерного віддалеміра і теодоліта. Час орієнтування 8-10 хв. Маса ІНС –120 кг	2-3 м (КВП) з обліком корекції через кожні 2-3 хвилин (час корекції - 20 с)

У таблиці 1.2 для порівняння приведені основні характеристики розглянутих БІНС [24]. Сучасні одометричні навігаційні системи (табл.1.3) мають граничну відносну похибку визначення координат 1,5% від пройденого шляху за 7 год. роботи (ТНА-3) або за 5 год. руху (ТНА-4). Такі одометричні навігаційні системи не забезпечують вихід АТЗ за допустимий час. Допустима помилка визначення місця положення накопичується одометричними навігаційними системами за час τ_k (в хвилинах), що визначається за співвідношенням [22]

$$\tau_k = 1,7 \frac{\alpha_A}{\Delta_k V_m}, \quad (1.1)$$

де α_A – допустима похибка визначення місця положення, зумовлена технологічними вимогами щодо доставки в район призначення (в метрах), V_m - швидкість АТЗ (в метрах за секунду), Δ_k – помилка одометричної навігаційної системи (в %). Будемо називати часом коректування (Рисунок1.2).

Таблиця 1.3 – Основні характеристики безплатформних інерціальних навігаційних систем

Найменування БІНС, фірма, країна, рік розробки	Склад і характеристики БІНС	Точність визначення місцеположення
LLN-80 "LITTON" США 1979 р.	Два гіроскопа, що динамічно на-строюються, три акселерометра, одометр. Визначає X, Y, H, a_{0H}	0,3 % (СКП) пройденного шляху; 0,1(п.к.) (СКП) а північно-го напрямку
МАР "Honeywell" США 1987 р.	Три лазерних кільцевих гірокомпа-са, три акселерометра, одометр. Система визначає X, Y, H Час при-ведення в готовність 5 хв. Загальний об'єм апаратури - 20,5 дм ³ ; спожи-вана потужність – 115 Вт.	В горизонтальній площині -7м (СКП) на перших 4 км, а потім 0,15% пройденного шляху; у вертикальній площині 7м (СКП) на перших 10 км, потім 0,07% пройденного шляху
MAPS "Zinger" США 1988 р.	Три лазерних кільцевих гірокомпа-са, три акселерометра, одометр. Система визначає X, Y, H Час при-ведення в готовність 15 хв. Загаль-ний об'єм апаратури – 25 дм ³ ; спо-живана потужність – 125 Вт	В горизонтальній площині-10м(СКП) на перших 4 км, а потім 0,25% пройденного шляху; у вертикальній площині 10 м (СКО) на перших 10 км, по-тім 0,1 % пройденного шляху.

Таблиця 1.4 – Основні характеристики одометричних навігаційних систем

Найменування ОНС, фірма, країна, рік розробки	Склад і характеристики ОНС	Точність визначення місцеположення
1. FNA –615: Німе-ччина 1986 р.	Гірокомпас, гірокурсказівник, одо-метричний датчик, блок індикації і управління, БЦВМ. Час безперервної роботи без переорієнтування - 7г. Час підготовки до роботи 10-15 хв.	Протягом 1 г: 0,8% пройде-ного шляху; 0-20 п.к. за ди-рекційним кутом Протягом 3 год: 0,9% прой-денного шляху; 0-41 п.к. за дирекційним кутом
2. LNS-202 Англія 1986 р.	Гірокомпас, гірокурсказівник, одо-метр, апаратура користувача КСРН "Navstar". Прив'язка проводиться за допомогою гірокомпаса і теодоліта	0,5% пройденного шляху
3. FNA-615 Німеч-чина 1985 р.	Гірокомпас, гірокурсказівник, одо-метр. Корекції помилок здійснюється через 15 -20 хв.	0,3% пройденного шляху з обліком корекції через 15-20 хв.
4. 15Щ55 Росія 1980 р.	Гірокурсказівник, механічний дат-чик швидкості (одометр), доплерівсь-кий датчик швидкості.	20-25 м при русі за маршру-том довжиною 20-25 км.

На рисунку представлений графік залежності часу коректування руху НРО з $\alpha_A = 50$ м і для одометричної навігаційної системи з $\Delta_k = 1,2\%$ від його швидкості.

Шлях, пройдений АТЗ, на якому похибки визначення місця положення не перевищують значення α_A , знаходиться за формулою:

$$S = 100 \frac{\alpha_k}{\Delta_k}, \quad (1.2)$$

Передбачається, що АТЗ рухається рівномірно. Для зняття помилок визначення місця положення, що нагромаджуються, здійснюється прийом контрольного орієнтування. Його проводять на опорних пунктах, координати яких відомі. Цей спосіб дозволяє визначити координати будь-якого об'єкту і дирекційний кут напрямку руху (прицілювання) з досить високою точністю (25-30 м і 0-04 п. к. відповідно), але він має ряд недоліків. Зазначимо деякі з них. Опорних пунктів може не бути в зоні прямої видимості. Вночі їх не видно, вони можуть бути приховані пилом, туманом, димом, снігом. Під'їзд до них інколи неможливий. Контрольне орієнтування вимагає певних витрат часу на його проведення і пов'язано із зупинкою НРО поблизу опорного пункту та виходом екіпажу з об'єкту.

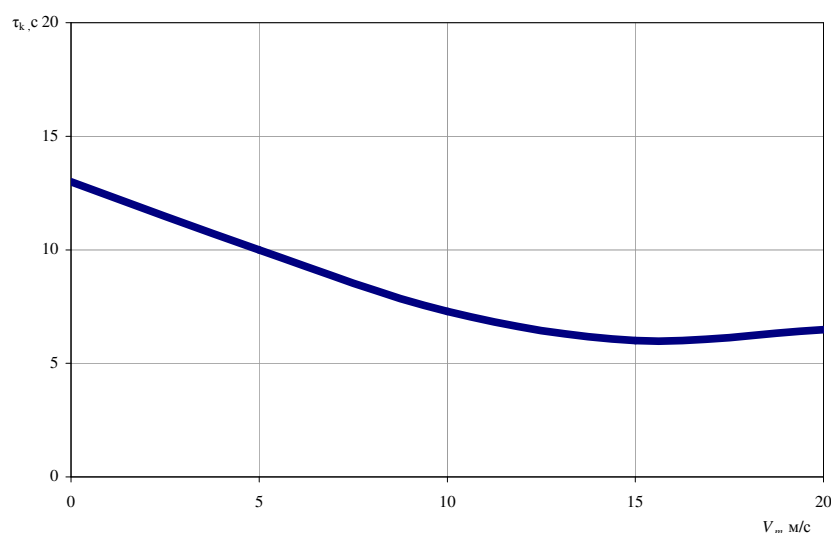


Рисунок 1.4 – Графік залежності часу коректування від швидкості руху НРО

Супутникові навігаційні системи (СНС), наприклад – GPNS – (глобальні системи точного визначення місцеположення). Інтерес до GPNS викликаний їх універсальністю. У рамках однієї системи можливе рішення великого

комплексу різних задач. Найбільш перспективними є GPNS "NAVSTAR" (США) і GALILEO (табл.1.5). На сучасному етапі інтенсивно обговорюються перспективи створення інших супутникових систем типу GPS: Глобальна європейська геостаціонарна система (EGNOSS) [20].

Таблиця 1.5 – Тактико-технічні характеристики наземних радіонавігаційних систем

Найменування ТТХ:	LORAN-C: (США)	Тропік-2 (Україна)	LORAN-D (США):	Тропік-2П (Україна)
1. Варіант виконання	стаціонарний мобільний			
2. Робоча частота, кГц	100	100	100	100
3. Потужність випромінювання в імпульсі, кВт	4000	2000	6	3
4. Дальність дії, км	1850	1800	900	600
5.СКП визначення координат об'єктів:				
в ближній зоні, м	5-100	100-200	30-60	60-120
в дальній зоні, м	100-1250	200-1250	60-290	120-500
6. Висота підйому передаючих антен, м	190-420	210-460	91	30

У табл. 1.6. приведені фірми виробники, тип і ТТХ апаратури користувачів США, Європи, України.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики супутникових радіонавігаційних систем

Фірма, найменування апаратури	Тип АК, призначення	Тип сигналу коди	Кількість каналів	Похибка, м
1. Rockwell Collins	ТТІ-5 військова, цивільна	Р-код С/А-код	5 1	15(СВП) 25(СВП)
2. Texas Instruments	ТІ-4100 військова, цивільна	Р-код С/А-код	1 1	14(СВП) 5(ДК)
3. EDO	Навігація суден	Р-код С/А-код	1 1	20(КВП)
4. Rockwell Collins	Військова, цивільна	Р-кодС/А-код	1 1	15(СВП) 25(СВП)
5. Litton Aeroproducts	ІТ-700 цивільні літаки	С/А-код	1	40(КВП)
6. Motorola	Навігація наземних, морських і повітряних засобів	Р-код	4	30(СВП)
7. Російський інститут навігації і часу	ІТ-129	С/А-код ПТ-код	4 1	30(СВП)
8. Завод радіоприладів "Орізон-Навігація" (м. Сміла)	СН3001 військова	ПТ-код	1	30(СКП) 1-5 в диф. режимі

Потреба в оперативній високоточній навігації наземних, морських, повітряних об'єктів обумовила створення в 80-90 роки середньорбітальних GPNS GPS "NAVSTAR" у США. Основне призначення супутникових радіонавігаційних систем другого покоління - глобальна, оперативна навігація сухопутних, морських, повітряних об'єктів, забезпечення можливості в будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час року і доби, за будь-якої погоди визначити (уточнити) параметри рухомого об'єкту – три координати і три складові вектора швидкості [12]. Результати проведеного огляду показують, що основними засобами навігації наземних рухомих об'єктів є автономні: ІНС на гіростабілізованих платформах; БІНС; ОНС; ІНС і БІНС при частих орієнтуваннях на опорних пунктах забезпечують високу точність визначення координат об'єктів, але перевагу віддають БІНС, яким, в порівнянні з ІНС, властиві деякі переваги:

- більш високі характеристики точності;
- нечутливість до прискорень і перевантажень;
- більш проста настройка перед початком руху;
- менший час приведення у готовність;
- менша споживана потужність;
- висока надійність і тривалий термін служби;
- низька вартість при серійному випуску тощо.

Кожній з АНС і GPNS властиві свої переваги і недоліки. Відмітимо серед них наступні. АНС після початкового орієнтування забезпечують безперервні точні визначення навігаційних параметрів в будь-яких умовах, не випромінюючи при цьому ніяких сигналів, і тим самим забезпечується повна прихованість їх роботи. Крім того, вони повністю завадозахищені. Основним і, може, єдиним недоліком АНС є їх тенденція накопичувати з часом помилки, що вимагає пошуку опорних пунктів для проведення контрольного орієнтування і корекції датчиків АНС.

До основних недоліків GPNS слід віднести:

- можливість затінення сигналів будівлями, спорудами, складним рельє-

фом 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. Спільна обробка інформації від АНС і GPNS дозволяє використовувати переваги кожної системи (безперервність надходження інформації з АНС і відсутність помилок накопичення у GPNS з часом) компенсувати їх недоліки (накопичення помилок в АНС з часом, дискретність визначень і можливі перерви в роботі GPNS) і, таким чином, забезпечувати безперервне точне, достовірне і надійне визначення навігаційних параметрів рухомих об'єктів.

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 розширення кола завдань, які ними вирішуються та значно скорочення часу на їх вирішення.

При цьому додатково можуть бути вирішені наступні завдання:

- 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 тран-

спортних 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), визначенн 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 Аналіз причин і наслідків дорожньо-транспортних пригод на магістралях

Проблема аварійності на автомобільному транспорті набула особливу гостроту в останнє десятиліття, у зв'язку з вкрай неефективним функціонуванням державної системи забезпечення безпеки дорожнього руху в умовах розвитку автомобілізації, та диспропорцією, що збільшується, між ростом числа автомобілів та ростом довжини й якості вулично-дорожньої мережі [5]. Сучасні європейські дослідження показують, приблизно 90% усіх катастроф на транспорті відбуваються на автомобільних дорогах [2].

У зв'язку з середнім щорічним збільшенням кількості дорожніх транспортних засобів в Україні на 4-5 %, інтенсивність дорожнього руху на основних магістральних дорогах останнім часом щорічно зростає до 20% [21]. Найбільша тяжкість дорожньо-транспортних подій (ДТП) в Україні спостерігається саме на магістральних дорогах. Загальнодержавна статистика свідчить, що кількість ДТП, які скоєні на магістральних дорогах складає 5192 ДТП/рік, з них – 1554 ДТП/рік мали смертельні наслідки [5], при цьому магістральні дороги не досягають 9% від протяжності всієї мережі державних доріг [5]. Зараз на магістральних дорогах в Україні гине 22,3% від усіх загиблих у ДТП [38]. Облік місць локалізації ДТП показує, що їх кількість на магістральних та ре-

гіональних дорогах складає близько 800 [37]. Вказане розкриває актуальність проблеми безпеки руху на ділянках автомагістралей шляхом створення автоматизованих систем керування.

З точки зору підвищення безпеки дорожнього руху на ділянках автомагістралей значна увага зараз приділяється аналізу причин подій, зв'язаних із супутніми дорожніми умовами. Пріоритетним напрямком є аналіз ДТП у місцях підвищеної аварійності [38]. Згідно статистичної обробки даних про ДТП, у вказаних місцях, найбільш розповсюдженою причиною на ділянках автомагістралей зараз є втрата водієм керування транспортним засобом, що складає 30,1% [33]. Разом з цим однією з головних причин ДТП на ділянках автомагістралей сьогодні є також зростання інтенсивності та швидкості руху в поєднанні із старінням мережі доріг [5].

Втрата водієм керування транспортним засобом є результатом раптового перевищення динамічних сил, що діють на транспортний засіб, в зв'язку з виконанням певного маневру на надвисокій швидкості руху, сил зчеплення, які формуються у плямах контакту коліс транспортного засобу з поверхнею дорожнього покриття. Досить важливим моментом в цьому є раптовість та в багатьох випадках неможливість водієм адекватно та однозначно оцінити в певний момент часу та на певній ділянці автомагістралі достатність зчіпних якостей покриття для безпечного виконання маневру транспортним засобом, до того ж в умовах значних швидкостей руху.

З метою попередження негативного впливу дорожньої складової на вказаний механізм формування основних видів ДТП на ділянках автомагістралей зараз розроблена та впроваджена ціла низка проектних заходів, які в більшості доведені до стандартних вимог. Але вони не забезпечують можливості дорожньо-будівельними заходами попередити переміщення транспортного засобу, що втратив керованість, в напрямку побіжного зіткнення з транспортними засобами, які рухаються на відповідній смузі, та в напрямку сусідніх смуг руху, де формується побіжне зіткнення транспортних засобів під деяким кутом.

Для забезпечення безпеки руху з великими швидкостями необхідні специфічні вимоги до елементів траси та покриття дороги. Втрата керування водієм транспортним засобом у вигляді його переміщення за межі смуги руху в теорії стійкості руху автомобіля розглядається як слідство дії на нього визначених бічних сил. Наявність поперечного уклону двохскатної проїзної частини автомагістралей забезпечує постійну дію на транспортний засіб бічної сили у вигляді складової його ваги. Водій при збільшенні швидкості руху на прямих ділянках автомагістралей звичайно не звертає уваги на наявність уклону відповідного скату дорожнього покриття. При значному збільшенні швидкості руху, для доріг категорії основна розрахункова швидкість 150 км/год., а вже при 140 км/год. суттєво знижується загальний коефіцієнт зчеплення коліс транспортного засобу з поверхнею дорожнього одягу, й відповідним чином зменшуються повздовжній та, що саме головне, поперечний коефіцієнт зчеплення. Вказане явище сприяє втраті поперечної стійкості транспортного засобу. Одночасно з цим на кінематику руху транспортного засобу впливають наявні транспортні потоки з відповідними характеристиками.

Відповідно до проведеного аналізу впливу характеристик транспортного потоку на показники аварійності на ділянках автомагістралей, можливо зробити висновок, що втрата керування виникає частіш за все при досить визначених дорожньо-транспортних умовах.

Інтенсивність руху змінюється до 10..15 тис. авт./доб. Такі ДТП присутні тільки при рівні завантаження ділянки автомагістралі з 0 до 0,6 од. Відповідно до тяжкості ДТП, вона спостерігається найбільша як раз при інтенсивності руху до 10...15 тис. авт./доб. В цьому інтервалі зміни інтенсивності в чотири рази зростає кількість зіткнень та в три з половиною рази зменшується кількість перекидань транспортних засобів. Швидкість руху в указаному інтервалі інтенсивності сягає високих значень від 80 до 150 км/год., при яких спостерігається найбільша тяжкість ДТП. Щільність руху та склад транспортного потоку у зазначених умовах суттєвого впливу не чинять [2].

Таким чином, сучасний стан безпеки руху на ділянках автомагістралей є досить складним, особливо з урахуванням незначної частки довжини магістральних доріг в загальній мережі доріг в Україні.

На сьогодні сформувалися наступні основні тенденції змін стану магістрального руху [37]:

- суттєве старіння дорожнього одягу;
- зростання інтенсивності та середньої швидкості руху;
- зростання кількості та тяжкості ДТП, що пов'язані з втратою водієм керування транспортним засобом.

Згідно з проведеними дослідженнями, можливо сформулювати найбільш впливові умови щодо формування ДТП з втратою водієм керування транспортним засобом на ділянках автомагістралей: інтенсивність руху, зміна в межах 0...15 тис. авт./доб.; рівень завантаження ділянки транспортом, зміна в межах 0...0,6 од.; швидкість руху, зміна в межах 80...150 км/год.; наявність поперечного уклону проїзної частини 20 ‰.

В перспективі необхідно створити модель руху сучасного вантажного транспортного засобу на прямих ділянках магістралей в синтезованих вище умовах, що найбільш сприяють втраті водієм керування.

1.5 Дослідження впливу застосування інформаційних технологій на ефективність вантажних перевезень на підприємстві

Щодо застосування систем прогресивного керування, то першими такими комплексними системами, що знайшли застосування в транзитних перевезеннях по Європі, в тому числі у „Транс-Логістик-Сервіс”, були системи Euteltrans і Prodat; на основі геостационарних супутників-ретрансляторів. Вони не одержали широкого застосування на усіх автомобілях парку через відносно дороге бортове устаткування, дорогої оплати за радіоканал і низьку точність місцевизначення (500-1000 м), оскільки система GPS тоді ще не використовувалася. Транспортні супутникові системи нового покоління повсюдно вико-

ристовуюють навігаційну систему GPS і дають можливість створювати диспетчерське обслуговування перевезень із прийнятною вартістю.

1.6 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]:

$$I = 0,5 \log_2 \left(1 + \frac{\sigma_\lambda^2}{\sigma_\varepsilon^2} \right), \quad (2.1)$$

де σ_λ – дисперсія телеметрично вимірюваного параметра; σ_ε – 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 σ_ε – скінчене. Отже, якщо $\sigma_\varepsilon \cong \sigma_{\varepsilon \max}$, то вживатимемо термін *мінімальна доступна інформація*. Подібно до того, повної наявної інформації також не існує, оскільки $\sigma_\varepsilon > 0$. Тому вживатимемо термін *максимальна доступна інформація* в заданих умовах її отримання.

По-друге, вважалось, 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} (Рисунок 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, $t_o < t_i < t_{11}$, 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 $V_e \geq V_{onm}$, яка визначається:

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

$$\Delta t_i = \Delta t_{i1} + \Delta t_{i2} \geq T_3, \text{ с}, \quad (2.3)$$

де T_{onm} – тривалість процесу доставки при швидкості V_{onm} (за відсутності перешкод з боку транспортного потоку і черг до розвантаження),

$\Delta t_{i1}, \Delta t_{i2}$ – 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.

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

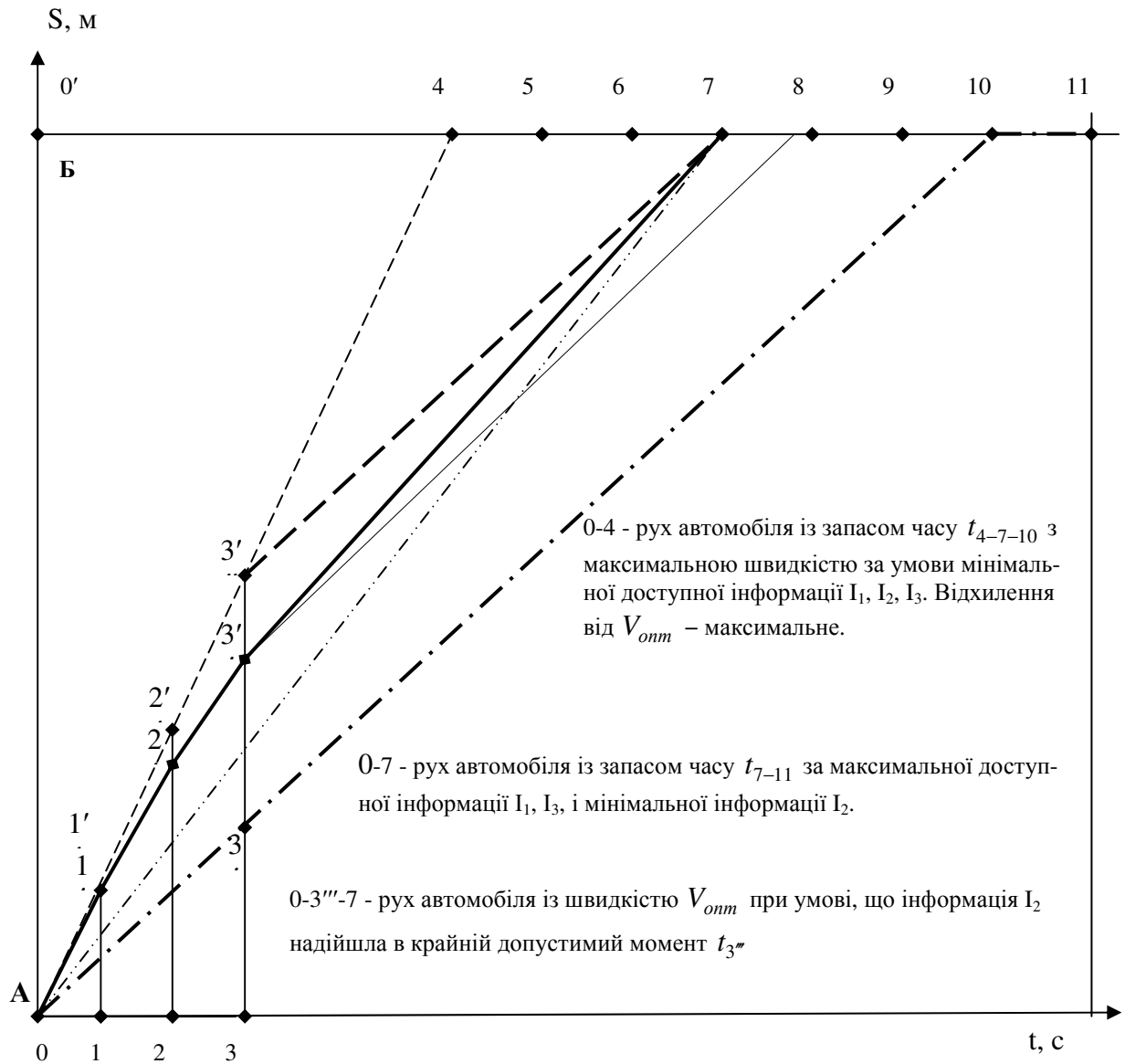


Рисунок 2.1 – Графіки руху АТЗ за наявності максимальної доступної інформації I_3 і різних способах отримання інформації I_2

2.2 Оцінювання ефективності бортової інформаційно-вимірювальної системи вантажних автомобілів і автопоїздів

Нами поставлено завдання, розробити інформаційно-вимірювальну 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]:

$$J_\delta = I_M + I_K / U_{TP}^2 \eta_{TP} + (m_O + m_{ep}) r^2 / U_{TP}^2 \eta_{TP}, \quad (2.5)$$

Таким чином, оцінка m_e 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:

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

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

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_δ і $\hat{M}_C$ 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:

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

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-вимірювальної системи оцінювання ефективності транспортного процесу при перевезенні вантажів вантажними автомобілями і автопоїздами [3]. Так, важливий показник – маса вантажу (m_e), 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. Проте установка нових датчиків ускладнює конструкцію автомобіля тягача. Також пропонується спосіб визначення маси автомобіля, що відрізняється тим, що спочатку здійснюється переміщення по висоті, щонайменше, однієї осі, і реєструється при цьому зміна потенційної енергії. 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 автотransпортних засобів (АТЗ) при пе-

ревеженні 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 прямопропорційно від сумарного моменту сил опорів, приведених до валу двигуна АТЗ, і може бути зміряний 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 $x - V_i^{\delta}(x)$, то прийняті критерії ефективності керування транспортними магістральними потоками набувають вигляду таких функцій:

- сумарні затримки n АТЗ

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

- міра рівномірності руху n АТЗ

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

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 автомо-

білів 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 (Рисунок 2.2).

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.

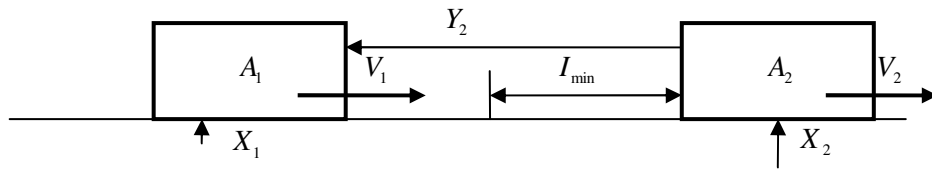


Рисунок 2.2 – Схема взаємодії транспортних засобів A_1 і A_2 на магістралі: X_1 , X_2 – вектори первинних сигналів, що надходять, відповідно, до A_1 та A_2 ; Y_2 – вектор вторинних сигналів, що надходять від A_2 до A_1 ; $I_{\min}$ – обмеження на безпечний інтервал руху

Перший варіант можна описати такими нерівностями:

$$I > I_{\min}, V_1 < V_1^{\delta} \approx V_2, \quad (2.8)$$

де I – поточний інтервал між A_1 та A_2 ; V_{A_1} – поточна швидкість автомобіля A_1 ; V_1^{δ} – 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:

$$j_1 = - \frac{\int_0^{I-I_{\min}} (V_1^{\delta} - V_1(x)) dx}{\Delta t}, \quad (2.9)$$

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

Другий варіант прискорення описується співвідношеннями:

$$I \approx I_{\min}, V_1 \leq V_1^{\delta} > V_2, \quad (2.10)$$

що відповідає ситуації, коли для автомобіля A_1 визріла потреба і є можливість для обгону. При цьому V_1 має досягнути деякої величини $V_1^{обг.}$, яка гарантує безпечність маневру. Знову ж таки, і тут потрібно перевірити, чи можна досягнути швидкості $V_1^{обг.}$ 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:

$$I \geq I_{\min}, V_1 \geq V_1^{\bar{o}} < V_2. \quad (2.10)$$

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:

$$I \approx I_{\min}, V_1 \geq V_1^{\bar{o}} < V_2, \quad (2.11)$$

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 $V_1^{\bar{o}}(t)$; відхилення – оцінки власної швидкості $V_1(t)$. Функція мети – прискорення, або сповільнення автомобіля $j_1(t)$ набуває вигляду:

$$j_i(t) = F(I, V_i^{\sigma}, V_i, t), \quad i = 1 \text{K } s \quad (2.12)$$

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 (Рисунок 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 $R_i(t)$.

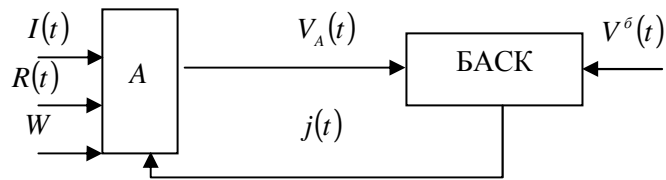


Рисунок 2.3 – Схема бортової автоматизованої системи керування одиночним автомобілем у транспортному потоці: $I(t)$ – зовнішній сигнал від переешкод (суміжних автомобілів); $R_z(t)$ – матриця сигналів

На основі цих вхідних сигналів виробляються оцінки:

- а) коефіцієнта зчеплення шин з дорогою φ – відповідно до частот обертання ведених та ведучих коліс $w_1 - w_2$;
- б) сумарного коефіцієнта дорожнього опору ψ ;
- 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 Рисунок 2.3.

Потрібно відмітити, що така система має досить значні первинні похибки вимірювання і оцінювання параметрів Δ_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 удосконаленням покриттям.

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

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

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_2 , 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) $\phi_1 = \phi_2$, 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) $\gamma_1(t)$ – неперервний сигнал, на який впливає відносна швидкість двох автомобілів.

У зв'язку із похибками Δ_1 вибраний режим не завжди відповідатиме реальним коефіцієнтам ψ і ϕ . 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. Рисунок 2.4) Це – так звана об'єднана автоматична система керування (ОАСК) (Рисунок 2.5).

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 потоку.

В зв'язку з цим ступінь невизначеності при прийнятті рішення кожним A_i залежить від тісноти зв'язків між ними.

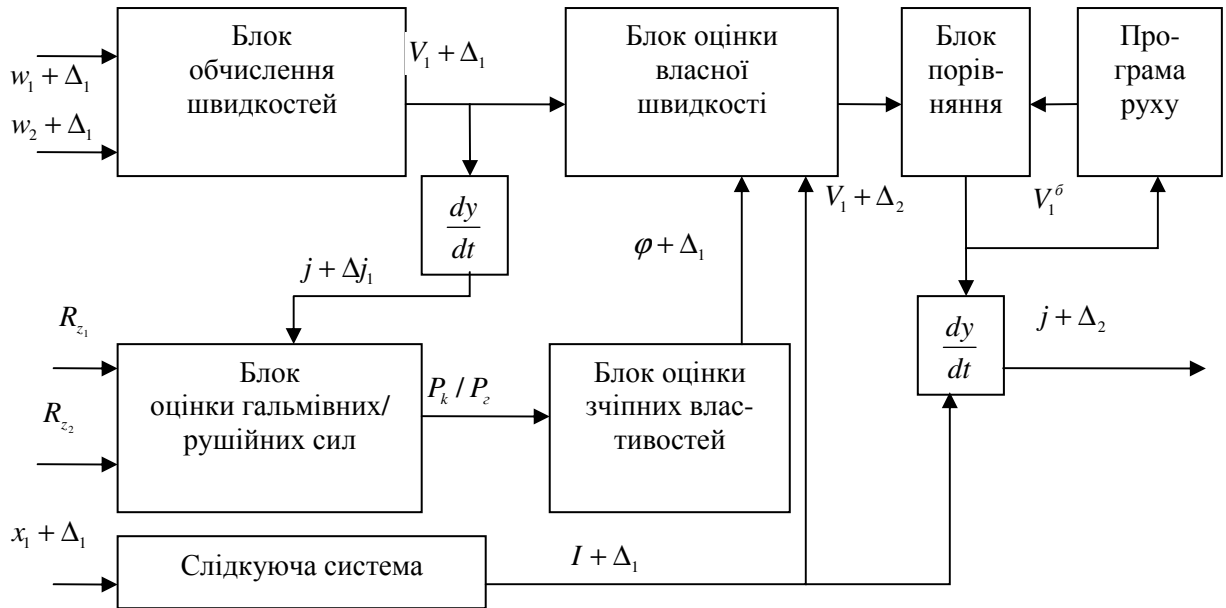


Рисунок 2.4 – Інформаційна модель БАСК: w_1, w_2 – частота обертання ведучих, ведених коліс; ΔV_1 – первинна похибка оцінки параметра; Δ_2 – вторинна похибка оцінки параметра

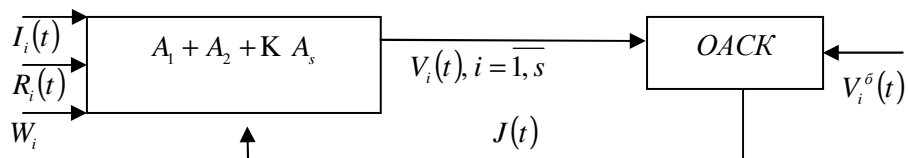


Рисунок 2.5 – Схема об'єднаної автоматизованої системи керування групою автомобілів в транспортному потоці

Важливим недоліком ОАСК є те, що набута групою $A_1 K A_s$ 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 (Рисунок 2.6). Вона функціонує як комплексна автомати-

чна система керування (КАСК). Група автомобілів $A_1 + A_2 + K + A_i$, 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.

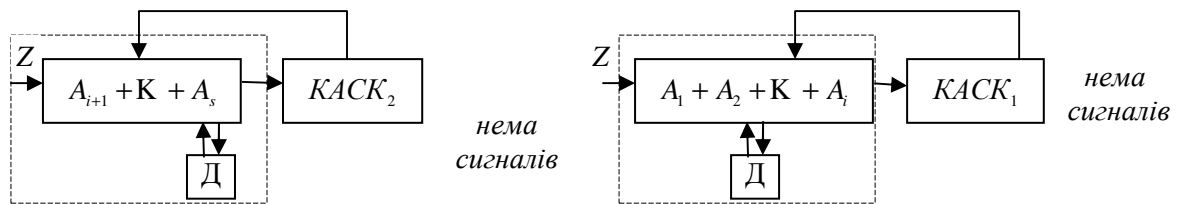


Рисунок 2.6 – Схема комплексної динамічної автоматизованої системи керування: Д – нерухомий дорожній об'єкт – лаг

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 $A_{i+1} + K + A_s$ 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_o 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 (Рисунок 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 (Рисунок 2.7).

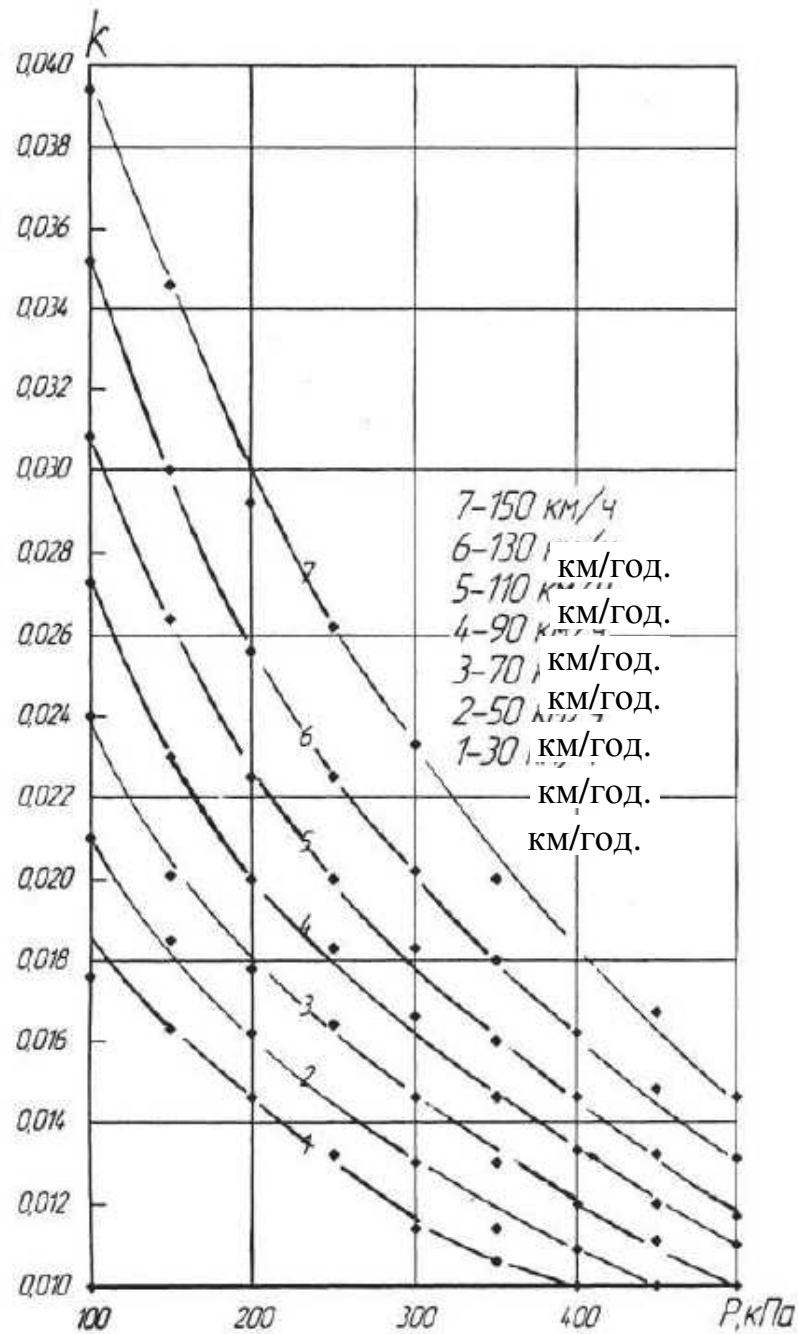


Рисунок 2.7 – Залежності коефіцієнта опору коченню від швидкості руху автомобіля і тиску в шинах

Очевидно, що проекції точок цієї поверхні на координатні площини дозволяють отримати залежності від P при $V - const$ і V при $P - const$.

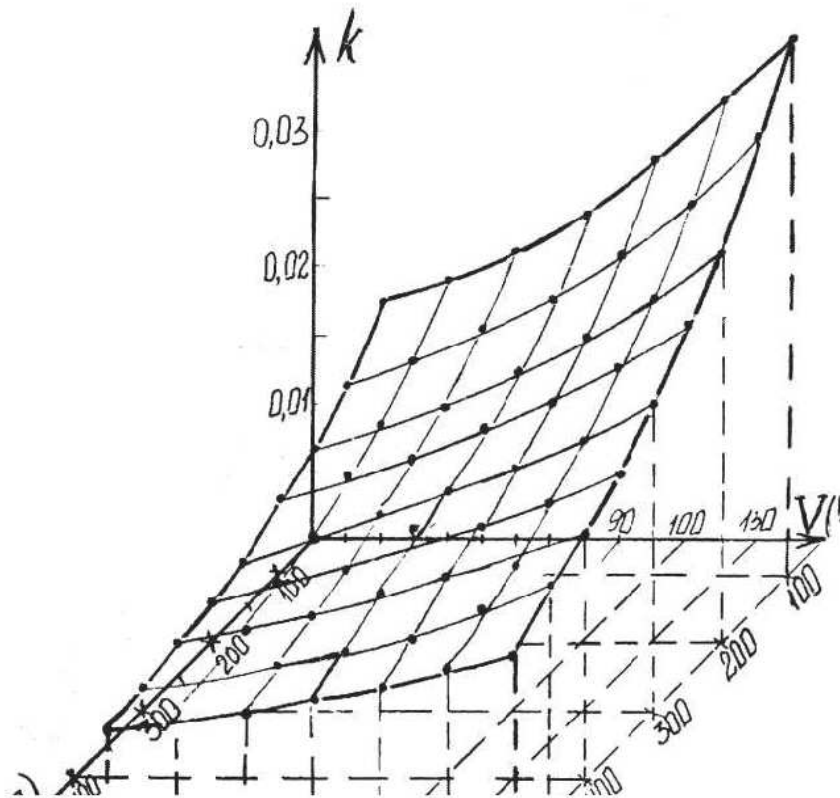


Рисунок 2.8 – Залежність коефіцієнта опору коченню від швидкості руху автомобіля і тиску в шинах в тривимірному просторі (k , V , P)

Дослідження показали, що всі залежності — складні криві, окрім випадку $\ln k \propto V$ М. (Рисунок 2.8). Це дозволяє отримати рівняння прямих з великою точністю за допомогою методу найменших квадратів (точність розрахунків значно перевершує помилки результатів вимірювань):

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

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

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

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

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

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

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

$$P_7 = 450 \text{ кПа}; \ln k = -4,858 + 0,0018V;$$

$$P_8 = 500 \text{ кПа}; \ln k = -4,941 + 0,0168V;$$

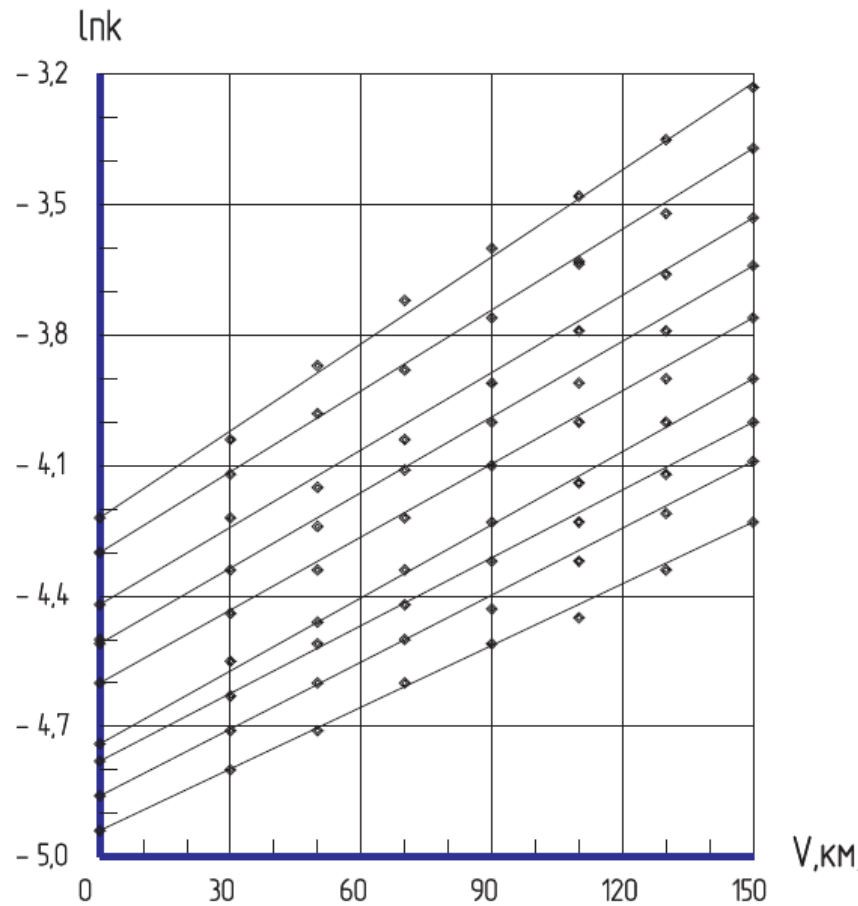


Рисунок 2.9 – Залежності $\ln k$ до від V при різному тиску повітря в шині

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 М.

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 однієї 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:

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

де v_i – швидкості автомобілів, м/с.; φ – коефіцієнт зчеплення коліс; T_i – функції тимчасових параметрів спрацювання гальмівних систем.

Для конкретизації величини S_6 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 позадку 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:

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

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;

б) 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 ΔW 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 $\Delta W = 0$.

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.

Величину повної маси автомобіля отримують за допомогою процесу оцінювання [3] або шляхом прямого вимірювання датчиками. Дією на датчик може служити переміщення кузова щодо рами, балки моста, або механічна напруга в конструктивному елементі, що сполучає ці і інші вузли.

3 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ В КОЛОНАХ

3.1 Структура і функціонування інформаційної системи

В роботі пропонується типова архітектура ІТС підприємства [25]. До типової можна віднести архітектуру ІТС, які широко використовуються, наприклад, перевізниками США, в якій виділено чотири підсистеми: перевізник, транспортний засіб, дорога та центр управління [30]. Функціонально система забезпечує задачі планування, диспетчеризації, навігації та моніторингу парку АТЗ, що використовується на магістральних перевезеннях. Вона зорієнтована на інформаційне забезпечення усіх суб'єктів сучасних транспортних комунікацій: власників вантажу (вантажовідправники), автотранспортні підприємства, водіїв, страхові компанії, органи міністерства внутрішніх справ, надзвичайних ситуацій, митні та прикордонні служби, екологічні та санітарні інспекції тощо (аркуш 4).

Широкий діапазон інформаційних функцій ІТС можна розділити на такі категорії [24]:

1. Планування і оперативне управління дорожнім рухом з метою оптимізації часу і витрат на перевезення за рахунок забезпечення вільного та ефективного трафіку магістралей. Центр управління трафіком за допомогою системи контролює потік автотранспорту через датчики і відеокамери, що розміщені на автошляхах, ідентифікує збої потоку, пов'язані з дорожніми пригодами або метеоумовами, він може змінити потік за допомогою технічних засобів управління дорожнім рухом, передачі термінових повідомлень водіям тощо. Система забезпечує оперативною інформацією автотранспортні підприємства про технічний стан магістралей, перевантаження трафіку, доступність транзитних шляхів для вільного і оптимального вибору маршруту.

2. Інформаційна підтримка запитів перевізника для планування поїздки, вибору маршруту і синхронізації поїздки з урахуванням адресата, виду вантажу та режиму руху. Вибір оптимального маршруту і графіку руху спрямовано на зниження впливу трафіку. Передача даних перевізникам і водіям може

здійснюватися за допомогою телефонів, інформаційних повідомлень та інтернету.

3. Інформаційна підтримка управління АТЗ за допомогою технологій, що контролюють кількість перевезених пасажирів і місце знаходження транспортних засобів. Найпоширенішою серед систем управління є система, що забезпечує доступ до необхідної інформації (супровідні документи, дозволи, реєстрація транспортного засобу, його розмір і маса, небезпечність вантажу, тощо). Дорожнє електронне сканування дозволить комерційним транспортним засобам проходити через контрольно-пропускні пункти без зупинки і зниження швидкості.

4. Спеціальне управління використовує технології зв'язку для швидкого (негайного) повідомлення про надзвичайну ситуацію і необхідну допомогу на місці події, наприклад, якщо спрацювала повітряна подушка безпеки або водій натиснув кнопку аварійної сигналізації на транспортному засобі. Ця система поєднує систему глобального позиціонування GPS, мобільний телефон і систему (канал) передачі даних для передачі сигналу про екстрений виклик та місцезнаходження транспортного засобу до центру управління. Як тільки екстрений сигнал отримується у центрі управління, диспетчер телефонує водію по мобільному телефону, щоб перевірити ситуацію, і потім зв'язується з відповідними агентствами для надання необхідної допомоги водію або транспортному засобу. Додатково ця система може виконувати управління маршрутом та надавати інші дорожні послуги.

5. Прогресивне управління транспортним засобом і система безпеки для запобігання зіткнень транспортних засобів та інших дорожніх пригод. Системи аудіовізуального зв'язку автоматично виявляють можливість виникнення небезпечної ситуації в середовищі "транспортний засіб - дорога - навколишній трафік". Наприклад, радарна система управління транспортним засобом може визначити швидкість транспортного засобу, який рухається попереду, щоб скорегувати швидкість для дотримання безпечної дистанції. Як тільки попередній транспортний засіб від'їде на достатню відстань радар-

на система видасть сигнал на можливе прискорення транспортного засобу. Такі ситуації записуються бортовою реєструючою апаратурою і оперативно передаються диспетчеру. Кінцева мета прогресивного управління транспортним засобом і системи безпеки полягає у розробці автоматизованих систем магістралей, де транспортні засоби будуть автоматично керуватися в потоці з мінімальним втручанням водіїв.

6. Інформаційно-аналітична система диспетчерського центру є ядром автоматизованої системи управління, в якому в локальній мережі функціонують:

- сервер інформаційної взаємодії з бортовими комплексами транспортних засобів;
- сервер картографічної бази даних на території, де пролягають основні маршрути транспортною інфраструктурою;
- сервер нормативних та оперативних транспортних даних;
- сервер програмних компонентів (сервер аплікацій);
- картографічний Web-сервер для подання інформації та оперативного обміну даними з віддаленими клієнтськими комплексами АРМ користувачів;
- автоматизовані робочі місця адміністратора системи (АРМ-А) та диспетчерів управління.

Сервер інформаційної взаємодії з бортовими комплексами транспортних засобів забезпечує:

- приймання та первинну обробку повідомлень від транспортних засобів, що надійшли через систему зв'язку;
- ідентифікацію транспортного засобу за номером бортового комплексу;
- створення черги та архіву повідомлень, що надійшли, а також видачу повідомлень за запитом інших програмних компонентів системи.

Сервер картографічної бази даних містить базу даних цифрової картографічної основи на територію міста з його дорожньо-транспортною інфраструктурою.

Цифрова картографічна основа містить шари з моделями наступних об'єктів: дорожня мережа; будівлі та споруди з їх адресною прив'язкою; гідрографія; квартали, зелені насадження; залізниця; мости та транспортні розв'язки тощо.

Цифрова просторова модель дорожньо-транспортної інфраструктури містить: усталені маршрути руху магістрального транспорту (транспортні коридори); зупинки; транспортні парки та підприємства; транспортні стоянки, автозаправні та сервісні станції; розмітку смуг на вулицях та напрямки руху транспортних засобів за ними; світлофори регулювання руху на перехрестях та переходах; місцезнаходження знаків організації дорожнього руху; стан шляхів; стан руху транспорту (затори, місця дорожньо-транспортних подій (ДТП) тощо).

Інформація картографічного серверу використовується іншими програмними комплексами для:

- формування та відображення електронних карт з оперативною транспортною ситуацією (поточного місцезнаходження транспортних засобів – усіх або таких, що мають відхилення від графіку руху, визначеного типу або за належністю перевізнику, або відібраними за іншими потрібними критеріями);
- планування та моделювання маршрутів руху транспортних засобів, погодження та документування цих маршрутів;
- відображення технічного стану шляхів, місць ДТП та ін.

Сервер нормативних та оперативних транспортних даних містить умовно-постійну (нормативну) інформацію про: транспортні підприємства та інших зареєстрованих перевізників; склад та стан транспортних засобів; заплановані графіки руху (за сезонами, за днями тижня та годинами доби у розрізі запланованих маршрутів та виїздів).

До оперативних транспортних даних відносяться: дані про поточні виходи транспортних засобів на маршрути з графіками руху; накопичена інформації для кожного транспортного засобу про координати та час руху, про відхилення від маршруту та/або графіку руху; оперативні вказівки диспетчера та інші оперативні дані.

Картографічний Web-сервер призначений для подання інформації та оперативного обміну даними з віддаленими клієнтськими комплексами АРМ користувачів.

Комплекси автоматизованих робочих місць користувачів системи за проблемною орієнтацією розподіляються на такі групи:

- АРМ транспортних підприємств (АРМ-ТП), які забезпечують актуалізацію даних про стан транспортних засобів, маршрути та графіки їх руху, оперативну інформацію про виходи транспортних засобів на маршрути, а також можливість оперативного контролю місцезнаходження та стану підпорядкованих їм транспортних засобів на маршрутах руху;
- АРМ суміжних управлінь, які відповідають за стан дорожньої мережі та організацію руху транспорту у регіоні, які забезпечують актуалізацію профільних даних про стан дорожньої мережі, схем організації руху, оперативної інформації про місця ДТП та місця концентрації ДТП, про стан критичних об'єктів тощо.;
- АРМ керівництва парком АТЗ, призначений для контролю оперативної транспортної ситуації, отримання зведених даних у розрізі напрямків транспортних потоків, дотримання графіків випуску підприємствами транспортних засобів на маршрути тощо.

3.2 Методика імітаційного моделювання

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

$$V_e = V_{\bar{o}} - V_{вим} = V_{\bar{o}} - (1 - p)\tau\rho\Theta, \text{ м/с}, \quad (3.1)$$

де $V_{\bar{o}}$ – середня бажана швидкість; $V_{вим}$ – вимушена під впливом ТП зміна бажаної швидкості; p – ймовірність обгону; τ – тривалість релаксації ТП в результаті випадкових збурень; Θ – варіація швидкостей.

Значення p і τ не залежать від індивідуальних швидкостей автомобілів у маневрі, а від густини ρ і середньої швидкості v в місці обгону, тобто $p = F_1(v, \rho)$, $\tau = F_2(v, \rho)$. 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 апріорних величин для заданої координати x в момент часу $t_j > t_i$:

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

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

- варіації швидкостей транспортних засобів

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

Дослідження проводились у два етапи. На першому приймалось, що екіпаж АТЗ має мінімальний доступний обсяг інформації за повідомленнями типу I_3 (Рисунок 3.1).

Інформація I_1 та I_2 подавалась трьома різними способами:

- на початку руху, одноразово, в повному доступному обсязі;

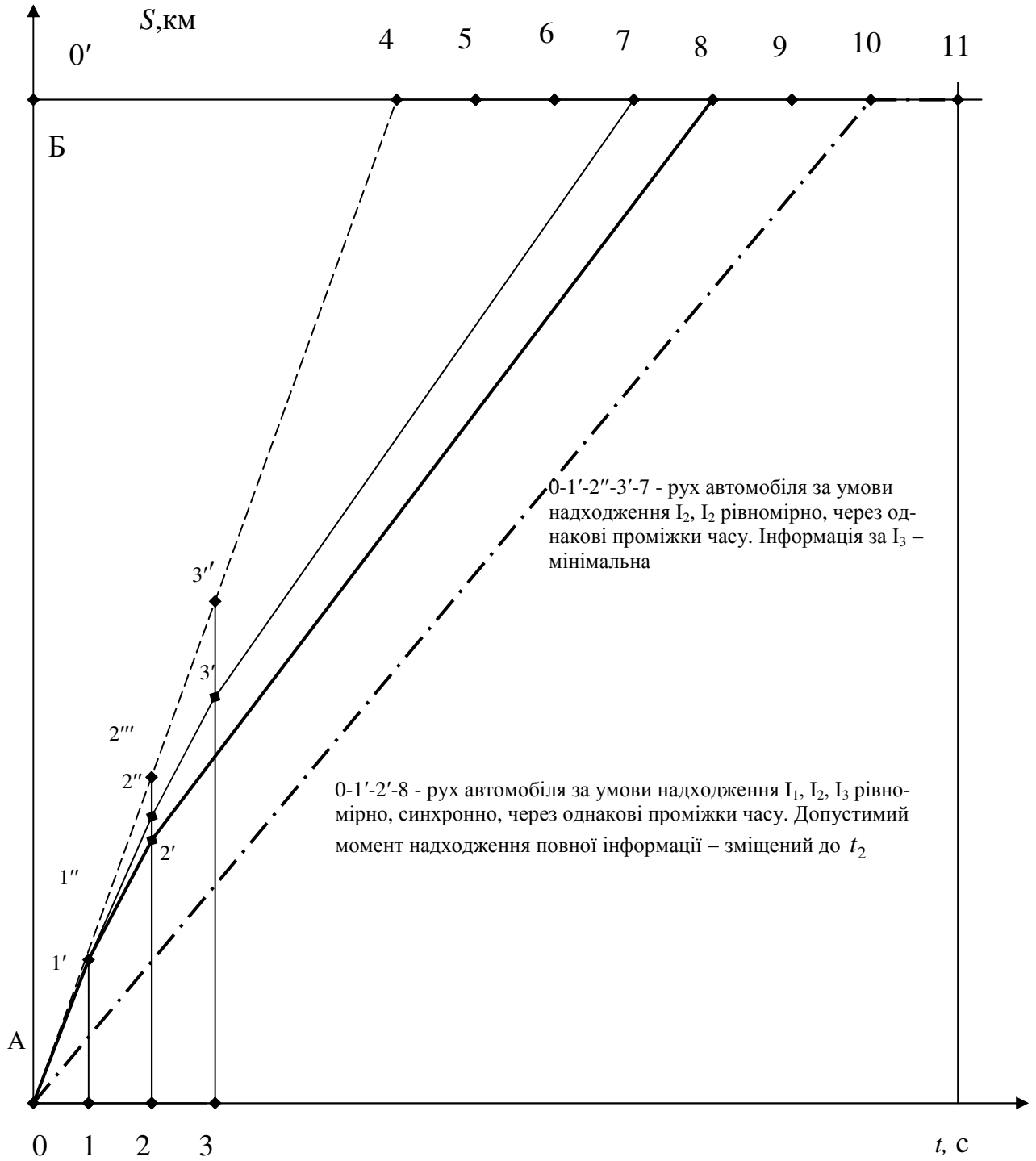


Рисунок 3.1 – Графік руху АТЗ, коли інформація I_1, I_2, I_3 надходить синхронно

- 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 (Рисунок 3.1) запас часу Δt_{i2} – 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 $t > t_0 + \tau$, де τ – період дискретизації повідомлень I_2 . Відповідно, рішення про вибір V_6 не будуть адекватними.

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).

3.4 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 ψ є початковою при вирішенні будь-яких завдань гальмівного характеру, тому визначення його можливо виключно на базі достовір-

них результатів спеціальних експериментальних досліджень в реальних експлуатаційних умовах по вимірюванню граничних значень коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою в різних кліматичних зонах.

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]:

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

де $\psi(q_0)$, 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 Рисунок 3.2.

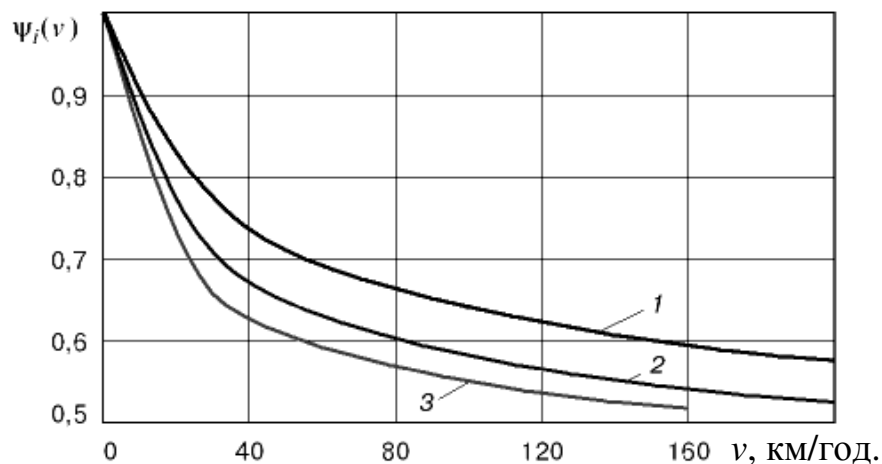


Рисунок 3.2 – Функція (v) для визначення розрахункового коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою: 1 — міжміські автобуси; 2 — вантажні автопоїзди; 3 — вантажні автомобілі одиничні

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

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

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

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

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 достат-

нього великого (визначуваного по критеріях теорії вірогідності і математичної статистики) числа експериментальних даних.

Вимірювання рівня ψ 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 [1] 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 однієї осі, що гальмується, по відношенню до інших, що вільно котяться. Одночасно реєструються величини тиску в гальмівній магістралі, гальмівних циліндрах АТЗ, фронти 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 Рисунок 3.3 представлена діаграма наповнення гальмівних циліндрів АТЗ при екстреному 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.

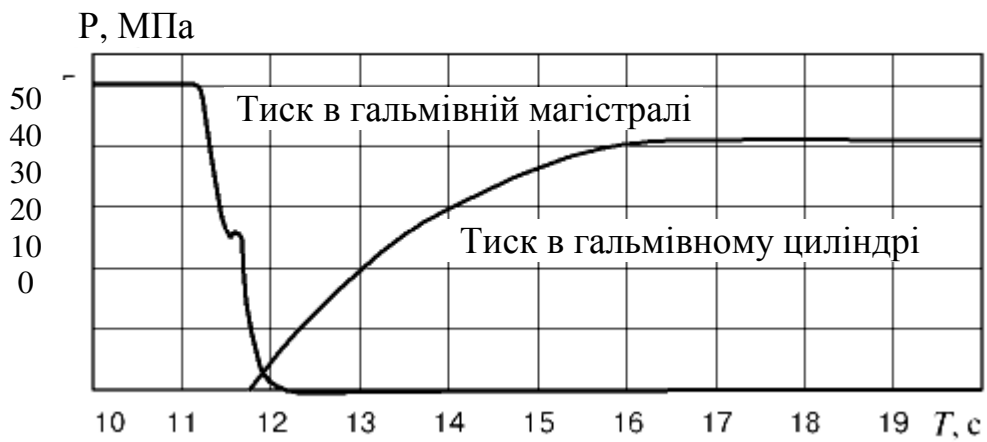


Рисунок 3.3 – Діаграма наповнення гальмівного циліндра при екстреному гальмуванні

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 дослідів межі по зчепленню досягти не вдалося, хоча практично в кожному випадку кінцева величина реального тиску в гальмівному циліндрі перевищувала розрахункове значення.

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

На рисунку 3.4 приведений запис одного з 26 дослідів, коли величини максимального ковзання колісної пари, що гальмується, щодо інших недостатні для спрацьовування 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.

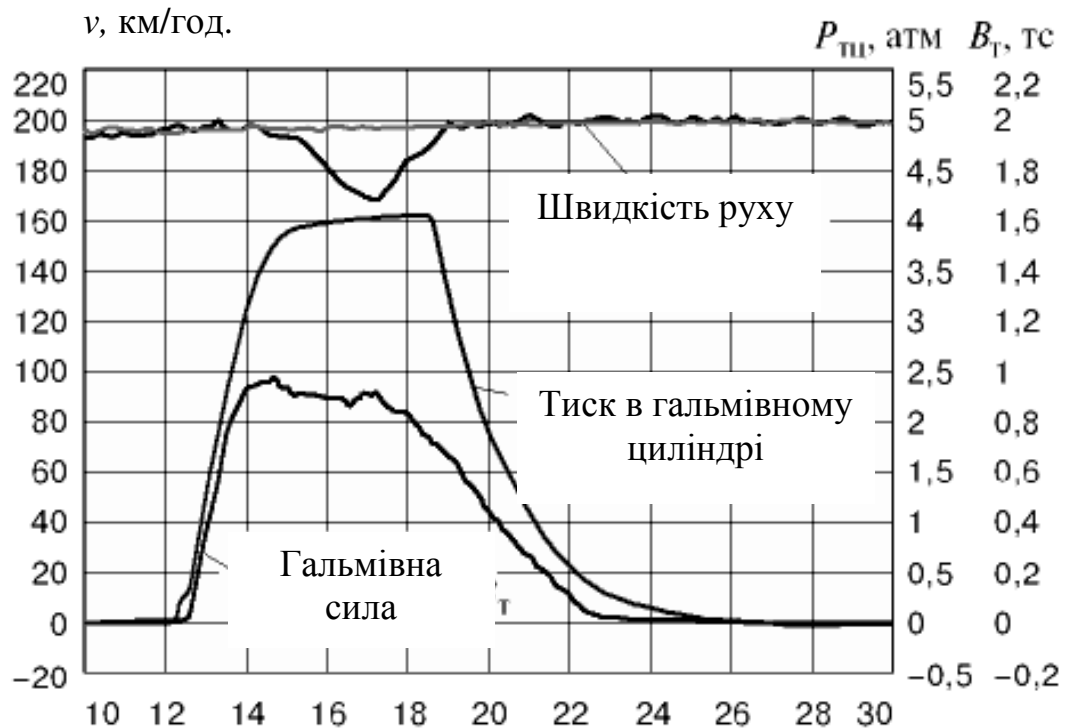


Рисунок 3.4 – Запис дослідів з невеликим відносним прослизанням коліс

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

3.5 Оцінка швидкостей руху 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 вибіркового вимірювання 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 (ожедь, дощ, суха погода) і в різний час доби (вранці і увечері).

Як видно з Рисунок 3.5 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:

$$V = 85 - 0,0058N \text{ (при } N < 1200 \text{ авт/год.)} \quad (3.8)$$

де 85 – середня швидкість вільного руху, км/год.; N – інтенсивність руху в одному напрямі, авт/год.

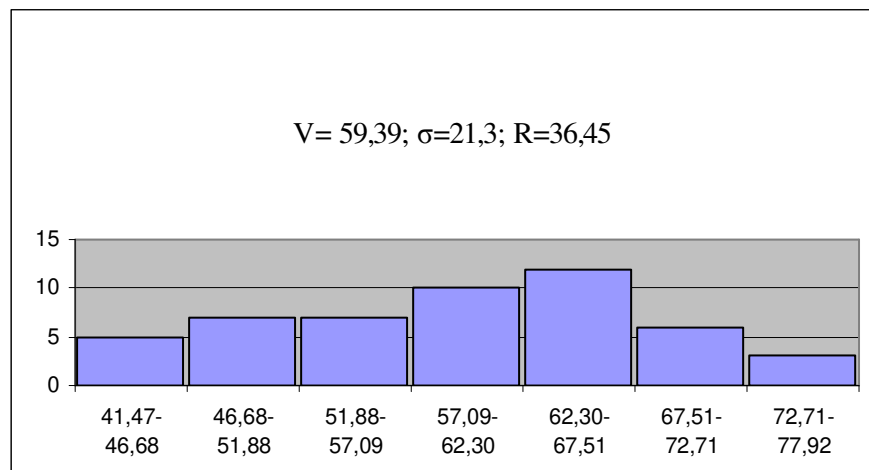


Рисунок 3.5 – Гістограма розподілу швидкостей руху в суху погоду

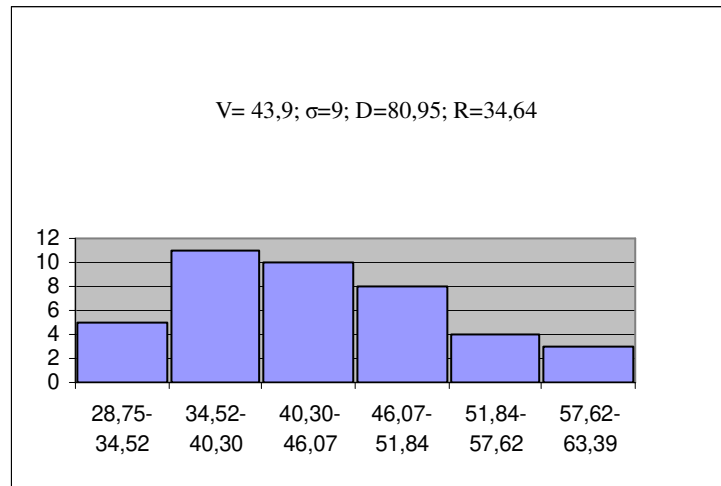


Рисунок 3.6 – Гістограма розподілу швидкостей руху в мокру погоду

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.

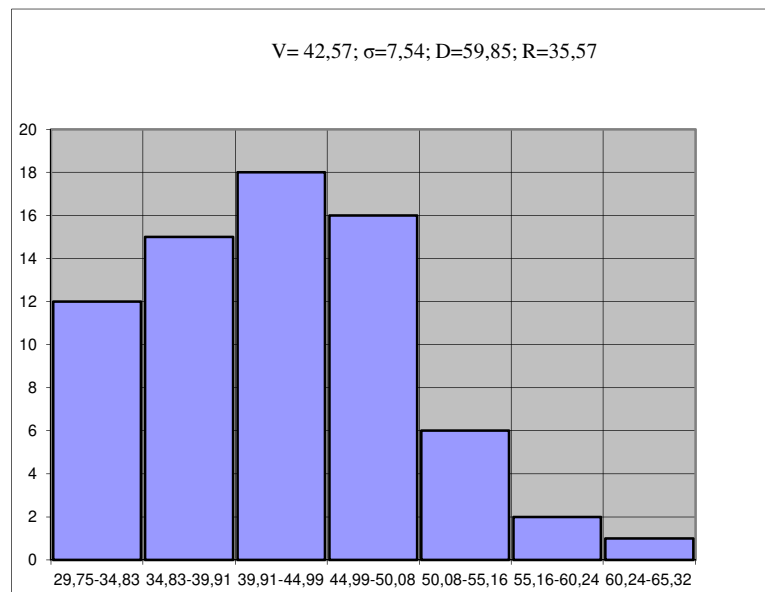


Рисунок 3.6 – Гістограма розподілу швидкостей руху по засніженому покриттю

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

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

Потрібно відзначити, що вплив швидкості руху на щільність і пропускну спроможність більше при русі по дощовій дорозі, чим в суху погоду. Тому найбільш точне визначення фактичної швидкості руху має велике значення для оцінки стану транспортного потоку і безпеки руху.

Запропоновані залежності можуть бути використані для оцінки швидкостей руху на багатосмугових магістралях при різному завантаженні рухом. Залежності (3.7, 3.8) дозволяють оцінити пропускну спроможність ділянок міських магістралей при русі в різних погодних умовах.

Метод зворотного кроку, розроблений у [38], є рекурсивним методом на основі Ляпунова. Складна система високого порядку спочатку розкладається на кілька підсистем, де кількість підсистем не перевищує найвищого порядку системи високого порядку. Потім керуючий вхід системи високого порядку рекурсивно проектується шляхом обробки деяких змінних стану в підсистемах як віртуальних контролерів та проектування їх як проміжних законів керування. Нарешті, стійкість системи високого порядку доводиться шляхом забезпечення того, щоб кожна підсистема задовольняла умови стійкості на основі Ляпунова. Адаптивне керування використовується для проектування законів адаптації параметрів для оцінки невідомих елементів у параметрично-невизначених системах та системах з невизначеними функціями [39]. Метод зворотного кроку та адаптивне керування були поєднані для розробки адаптивних керуючих входів для невизначених систем високого порядку [30], [31], [32], [33], [34].

Метод зворотного кроку може розкласти невизначену систему АВ взводу другого порядку, описану в рівнянні (3.7), на дві підсистеми відповідно до відстеження положення та відстеження швидкості.

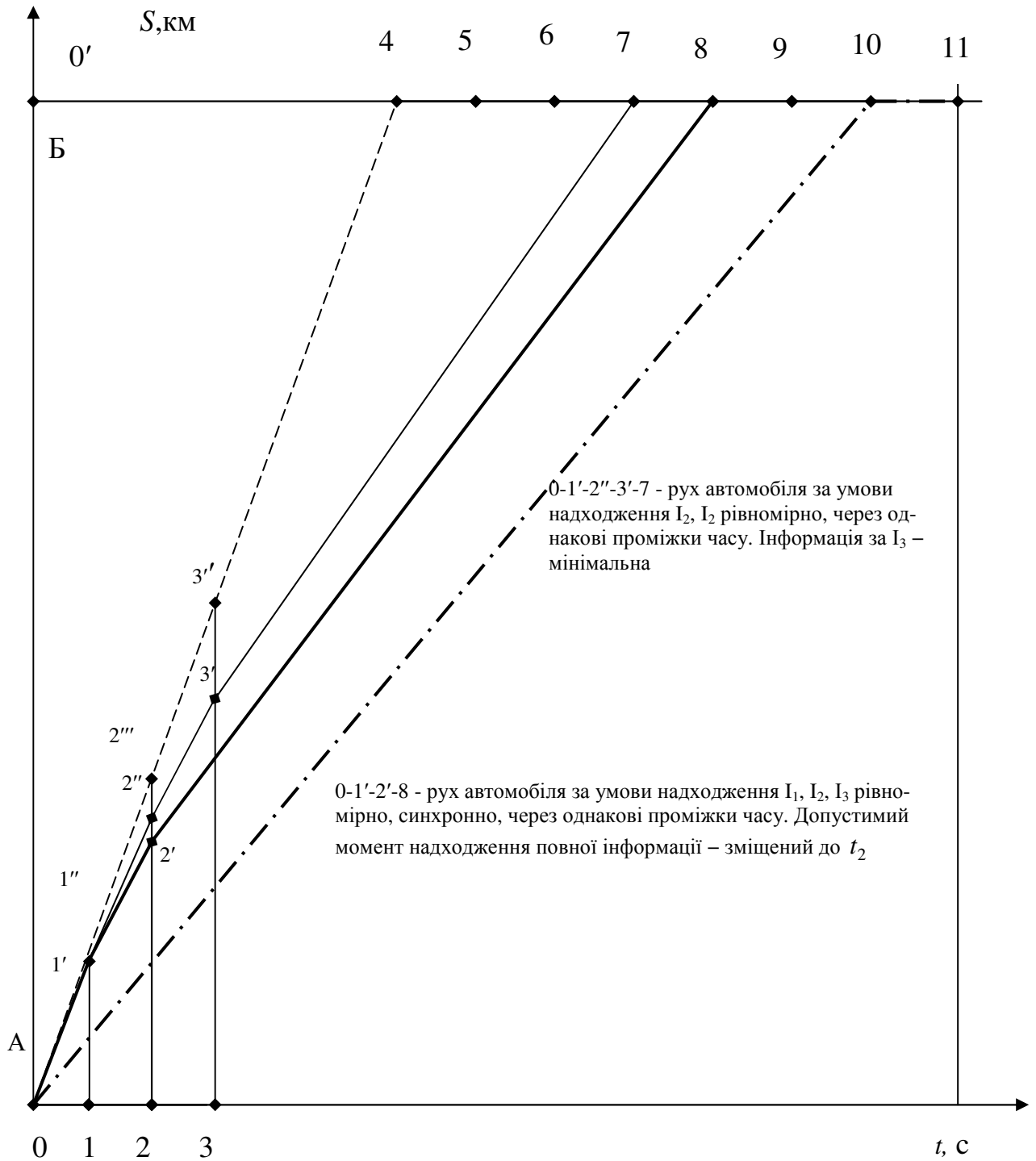


Рисунок 3.7 – Графік руху АТЗ, коли інформація I_1, I_2, I_3 надходить синхронно

Похибки цих двох підсистем називаються відповідно помилкою відстеження положення та помилкою відстеження віртуальної швидкості та визначаються наступним чином.

4 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ПРОГРЕСИВНОГО КЕРУВАННЯ

Найбільш ефективними є комплексні навігаційні системи транспортних засобів, які поєднують у собі автономні і супутникові навігаційні системи [9]. Структурна схема комплексованої навігаційної системи наведена на рисунку 4.1.

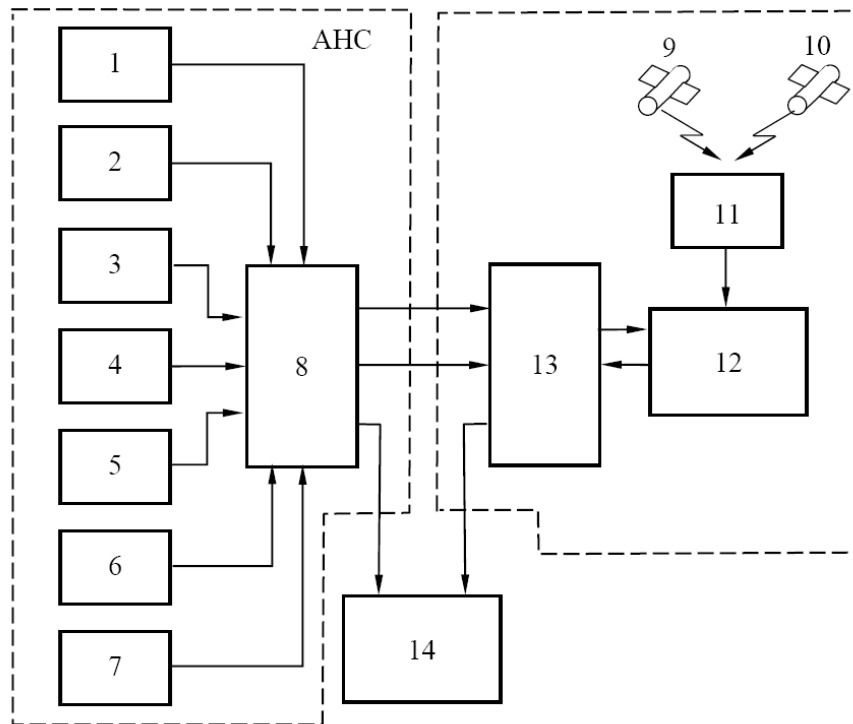


Рисунок 4.1 – Структурна схема КНС: 1,2,3 – давачі кутових швидкостей; 4,5,6 – акселерометри; 7 – давач швидкості; 8 – бортовий обчислювач АНС; 9,10 – навігаційні супутники; 11 – антена; 12 – апаратура споживача СНС; 13 – бортовий обчислювач СНС; 14 – пристрій візуалізації

У бортовому обчислювачі за сигналами від трьох давачів кутової швидкості 1, 2 і 3, які розташовані відносно трьох власних центральних осей інерції підресореної частини автомобіля, обчислюється кутова орієнтація автомобіля. Використання телеметрії

Для роботи з неповною вибіркою та суб'єктивними відповідями клієнтів потрібне об'єктивне посилення. Саме цю проблему вирішує телеметрія

транспортних засобів. Якщо значна кількість відгуків – це скарги на ненадійність розкладів руху на маршруті, правду можна знайти, перевіривши журнали прибуття на кожну зупинку. Якщо прибуття дійсно не є послідовними або постійно неправильними, проблема реальна, і є чіткий стимул щось із цим зробити. Як варіант, якщо розклади точно дотримуються, можливо, фізичні розклади на зупинках просто застаріли у випадку простої помилки. У будь-якому випадку, курс дій виправданий і з більшою впевненістю забезпечить бажаний результат, якщо факти, що стоять за ним, відомі.

Групування метрик ранжування, представлене в [18], також може бути використане для групування атрибутів, які можна виміряти за допомогою телеметрії. Для метрик ефективності, безпеки, екології, зручності та зовнішніх факторів телеметрію можна ефективно використовувати у всіх, крім останнього. Навіть для зовнішніх факторів, як згадувалося раніше, дані можна використовувати або для тестування різних рішень щодо маршрутизації, або як обґрунтування під час лобювання відповідного державного органу.

Висновок. АНС у своїй більшості не в змозі забезпечити з необхідною точністю розв'язання основної навігаційної задачі внаслідок накопиченню похибки визначення координат і курсу автомобіля з часом; СНС забезпечують високу точність навігаційного забезпечення автомобіля, але стають непрацездатними в умовах затінення сигналів супутників і в умовах зриву зв'язку із супутниками; одночасне використання АНС і СНС дозволяє виключити недоліки окремих систем і підвищити надійність та ефективність навігаційного забезпечення автомобіля.

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 завад. На жаль 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. Запропоновані залежності можуть бути використані для оцінки швидкостей руху на багатосмугових міських магістралях при різному завантаженні рухом. Залежності дозволяють оцінити пропускну спроможність ділянок міських магістралей при русі в різних погодних умовах.
4. 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.
5. 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.

6. Кінцева мета прогресивного управління транспортним засобом і системи безпеки полягає у розробці автоматизованих систем магістралей, де транспортні засоби будуть автоматично керуватися в потоці з мінімальним втручанням водіїв.
7. Згідно з проведеними дослідженнями, можливо сформулювати найбільш впливові умови щодо формування ДТП з втратою водієм керування транспортним засобом на ділянках автомагістралей: інтенсивність руху, зміна в межах 0...15 тис. авт./доб.; рівень завантаження ділянки транспортом, зміна в межах 0...0,6 од.; швидкість руху, зміна в межах 80...150 км/год.; наявність поперечного уклону проїзної частини 20 ‰.
8. Управління кількома десятками транспортними засобами є складнішим, ніж управління кількома транспортними засобами, і вимагає або більше часу, або ефективніших методів. Існує також багато переваг володіння більшим автопарком, таких як більша вибірка даних про транспортні засоби та можливість циклічного виконання завдань між транспортними засобами.
9. У невеликій транспортній компанії менеджер автопарку може належним чином відстежувати менше ніж десяток транспортних засобів без сторонньої допомоги.
10. Логістика містить інформацію про те, де знаходиться кожен транспортний засіб, що він робить і хто, якщо такий є, ним керує. Якщо ця інформація відома в режимі реального часу, можна швидко реагувати на раптові зміни та адаптуватися до них.
11. В роботі пропонується типова архітектура ІТС підприємства. Система забезпечує оперативною інформацією автотранспортні підприємства про технічний стан магістралей, перевантаження трафіку, доступність транзитних шляхів для вільного і оптимального вибору маршруту.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Бабушкін Г.Ф., Кузькін О.Ф. Оперативно-календарне планування доставки дрібнопартійних вантажів в умовах металургійного виробництва // Вісник центрального наукового центру транспортної академії України. Київ, 2000. №3. С. 48-50.
2. Барладін О., Нетребя А., Шуригіна Н. Використання GPS і GIS технологій в управлінні міського та міжнародного вантажного транспорту // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Луганськ: Ліга-Прес, 2003. С. 211-213.
3. Березовський М.В. Все для будівництва та ремонту доріг // Стан і перспективи розвитку автомобільних доріг в Україні. Київ, 2006. №1. С.2-3.
4. Волчко П.І., Іванов В.І., Корольов В.М. та інші Вимоги до характеристик навігаційної інформації і систем навігації наземних рухомих об'єктів у сучасному штатному процесі, Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, №5, Ліга-Прес, Львів, 2000. С. 280-283
5. Волчко П.І., Корольов В.М., Макаревич В.Д. та інші. Місце геоінформаційних технологій на базі навігаційної інформації в системах управління взаємодією у підрозділах сухопутних військ, - III Міжнародна науково-технічна конференція "Гіротехнологія, навігація, керування рухом і конструювання рухомих об'єктів", Київ, 2001. С. 187-192.
6. Гащук П.М. Оптимизация топливо-скоростных свойств автомобиля. – Львов: Вища шк. Из-во при Львов. ун-те, 1987. – 168 с.
7. Збруцький О.В., Богун Ю.В. Навігація наземного об'єкта за допомогою інтегрованої системи // Космічна наука і технологія. 2001. – №1. – С.45-50.
8. Карпінський Ю.О., Лященко А.А. Формування національної інфраструктури просторових даних – пріоритетний напрям топографо-геодезичної та картографічної діяльності // Вісник геодезії і картографії. – 2001. – № 3. С. 65-73.

9. Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Кібець О.Г., Іванченко С.А. Українська картографічна мережа в Internet // Ученые записки ТНУ. Серія: Географія, 2004. – Т. 17 (56). - №2. – С. 111-118.
10. Кононенко В.А. Разработка алгоритмов интегрированной навигационной системы вездеходной колесной машины // Механіка та машинобудування. – 2007. – №1. – С.107-112.
11. Концепція створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження): Розпорядження КМ України № 410-р від 17.07.2003.
12. Логистика - технология транспортного процесса. Київ, Кий, 2000. 358 с.
13. Марков С. Принципы использования GPS. Киев: КНУСА, [http://www.geomatica.Kiev/ua/training/Data Capture/GPS/ Chapter 100.html](http://www.geomatica.Kiev/ua/training/Data%20Capture/GPS/Chapter%20100.html).
14. Мелешенко С.Ю. Жихарев В.Я., Майборода И.Н. Представление и классификация моделей управления запасами // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т". – 2001. – Вып. 9. – С.225-243.
15. Мелешенко С.Ю., Бережная Л.М. Моделирование процессов управления запасами в рамках единой стратегии управления промышленно-сбытовой системы // Труды Междунаро науч.-техн. конф. "Информационные компьютерные технологии". – Х.: Нац. аэр. ун. "Харьк. ав. ин-т". – С.141.
16. Парійчук М., Волосович А. Великомасштабний проект – Українські транспортні коридори // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип. 63. – Л., 2003. С. 231-237.
17. Про затвердження програми створення і функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів України: Постанова КМ України № 346 від 20.03.98.
18. Програма забезпечення безпеки дорожнього руху та екологічної безпеки транспортних засобів: Постанова КМ України № 456 від 06.04.98.
19. Редзюк А.М. Державна концепція підвищення безпеки дорожнього руху в Україні // Автошляховик України. – 2006. - №1. - С.2-11.

- 20.Справочник по организации и планированию грузовых автомобильных перевозок / Крамаренко И.Г.. Решетников Е.Б., Рыбанов Г.Л. и др.; Под. ред. Крамаренко И.Г. Київ, Тэхника,1991. 208с.
- 21.J. Zhu, S. Easa, and K. Gao, “Merging control strategies of connected and autonomous vehicles at freeway on-ramps: A comprehensive review,” *J. Intell. Connected Vehicles*, vol. 5, no. 2, pp. 99–111, 2022.
- 22.J. Guo, S. Cheng, and Y. Liu, Merging and diverging impact on mixed traffic of regular and autonomous vehicles, *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 22, no. 3, pp. 1639–1649, Mar. 2021.
- 23.K. Gao, H. Wang, S. Wang, and X. Qu, “Data and code disclosure and sharing policy of communications in transportation research,” *Commun. Transp. Res.*, vol. 2, Dec. 2022, Art. no. 100055.
- 24.Y. Shao and Z. Sun, Eco-approach with traffic prediction and experimental validation for connected and autonomous vehicles,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 22, no. 3, pp. 1562–1572, Mar. 2021.
- 25.T. Olovsson, T. Svensson, and J. Wu, “Future connected vehicles: Communications demands, privacy and cyber-security,” *Commun. Transp. Res.*, vol. 2, Dec. 2022, Art. no. 100056.
- 26.Z. Wang and X. Liu, “Cyber security of railway cyber-physical system (CPS)—A risk management methodology,” *Commun. Transp. Res.*, vol. 2, Dec. 2022, Art. no. 100078.
- 27.Y. Li, C. Tang, S. Peeta, and Y. Wang, “Nonlinear consensus-based connected vehicle platoon control incorporating car-following interactions and heterogeneous time delays,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 20, no. 6, pp. 2209–2219, Jun. 2019.
- 28.J. Wu, S. Ahn, Y. Zhou, P. Liu, and X. Qu, “The cooperative sorting strategy for connected and automated vehicle platoons,” *Transp. Res. C, Emerg. Technol.*, vol. 123, Feb. 2021, Art. no. 102986.
- 29.Y. Zhou, M. Wang, and S. Ahn, “Distributed model predictive control approach for cooperative car-following with guaranteed local and string stability,”

- Transp. Res. B, Methodol., vol. 128, pp. 69–86, Oct. 2019. [10] S. Feng, Z. Song, Z. Li, Y. Zhang, and L. Li, “Robust platoon control in mixed traffic flow based on tube model predictive control,” *IEEE Trans. Intell. Vehicles*, vol. 6, no. 4, pp. 711–722, Dec. 2021.
30. H. Shi, Y. Zhou, X. Wang, S. Fu, S. Gong, and B. Ran, “A deep reinforcement learning-based distributed connected automated vehicle control under communication failure,” *Comput.-Aided Civil Infrastruct. Eng.*, vol. 37, no. 15, pp. 2033–2051, Feb. 2022.
31. Y. Wang, X. Li, and H. Yao, “Review of trajectory optimisation for connected automated vehicles,” *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 13, no. 4, pp. 580–586, Apr. 2019.
32. M. Zhu, Y. Wang, Z. Pu, J. Hu, X. Wang, and R. Ke, “Safe, efficient, and comfortable velocity control based on reinforcement learning for autonomous driving,” *Transp. Res. C, Emerg. Technol.*, vol. 117, Aug. 2020, Art. no. 102662.
33. A. Petrillo, A. Pescapé, and S. Santini, “A secure adaptive control for cooperative driving of autonomous connected vehicles in the presence of heterogeneous communication delays and cyberattacks,” *IEEE Trans. Cybern.*, vol. 51, no. 3, pp. 1134–1149, Mar. 2021.
34. G. Guo and W. Yue, “Autonomous platoon control allowing range-limited sensors,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 61, no. 7, pp. 2901–2912, Sep. 2012.
35. Y. Wu, S. E. Li, Y. Zheng, and J. K. Hedrick, “Distributed sliding mode control for multi-vehicle systems with positive definite topologies,” in *Proc. IEEE 55th Conf. Decis. Control (CDC)*, Dec. 2016, pp. 5213–5219.
36. S. Cui, Y. Xue, M. Lv, B. Yao, and B. Yu, “Cooperative constrained control of autonomous vehicles with nonuniform input quantization,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 71, no. 11, pp. 11431–11442, Nov. 2022.
37. A. Zhou, S. Peeta, M. Yang, and J. Wang, “Cooperative signal-free intersection control using virtual platooning and traffic flow regulation,” *Transp. Res. C, Emerg. Technol.*, vol. 138, May 2022, Art. no. 103610.

38. Столяров А.Л. Щодо діяльності ЄС у сфері безпеки дорожнього руху // Автошляховик України. – 2005. - №6. - С.20-22.
39. On the variational theory of traffic flow: well-posedness, duality and applications. Networks and Heterogeneous Media 1(4) 601-619 (2006).
40. Harley J. Miller, Shih Lung Shaw. Geographic information systems for transportation: principles and applications. – USA, NY, Oxford University Press, Inc. – 2001. – 460 p.
41. ISO/TR 14825. Geographic Data Files - ISO/TC 204/WG3 – 1996-11-15.
42. ISO/Draft International Standard: GDF - Geographic Data Files - Version 4.0 - ISO/TC 204/WG3: CD-2001-02-14.
43. Woodman O.J. . An introduction to inertial navigation.-United Kingdom: Technical Report, Univ. of Cambridge.-2007.-№696.
44. "Global radionavigation – the next 50 years and beyond". Benkers John M. J., Navigation. 2000. 53, №2, стор. 207-214, 1іл, Бібл. 5.
45. www.business.if.ua/themes/business/material.asp?folder=1984&matID=2887
46. www.dhl.ru/publish/ru/ru/information/shipping/pack/internal.high.html
47. www.technohit.com.ua
48. <http://www.visicom.ua/ru/maps/digit/>
49. Garmin GPSMAP 76S <http://gps-nautica.com.ua>

ДОДАТКИ

Додаток А. Фрагмент програми Excel розрахунку транспортної системи

tau 1	0			
tau 2	0			
tau 3	1	5000000000000		
tau 4	0			
tau 5	1			
tau 6	10000000000000			
tau 7	10000000000000			
k 1	1			
k 2	1			
k 3				
k 4	0			
k 5	0			
k 6	0			
k 7	0	0	500	
k 8	0	0	600	
k 9	0	0	700	
k 10	50			
f 1	250			
f 2	300			
f 3	400			
f 4	0			
f 5	0			
f 6	0			
Тр 1	250			
Тр 3_2	300			
Тр 2_1	400			
Т				
p3_AT3	200			
Т				
p2_AT3	100			
Т				
p1_AT3	400			
Т c1	951	1000		
Т c2	551	1000		
Т c3	251	1000		

W= 0

Додаток Б. Карта технічного рівня GPS-приймачів

Властивості	Оцінка параметрів для аналогів									Коефіцієнт вагомості
	Trimble			Magellan			Garmin			
	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	Абсолютне	Відносне	Коефіцієнт технічного рівня	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. ТЕХНІЧНІ			0,70			0,81			0,75	0,2
1.1. Можливості Кількість каналів Робоча частота, МГц			0,69			0,89			0,79	0,8
	8	0,67		10	0,83		12	1,00		0,35
	44	0,98		45	1,00		44	0,98		0,1
Пам'ять, Мб	48	0,96		50	1,00		24	0,48		0,2
Кількість систем навігації	2	1,00		1	0,50		2	1,00		0,05
Максимальна кількість записаних точок пройденого маршруту	500	0,42		1200	1,00		800	0,67		0,2
Максимальна кількість заданих точок на маршруті	50	0,25		200	1,00		50	0,25		0,05
Кількість функцій програми	6	0,50		5	0,42		12	1,00		0,05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.2. Дизайн			0,71			0,49			0,61	0,2
Максимальний розмір, мм	210	0,70		240	0,80		300	1,00		0,6
Вага, г	350	0,71		280	0,00		250	0,00		0,2
Загальна якість дизайну, балів	4	0,75		3	0,07		5	0,04		0,2
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ			0,70							0,4
2.1. ТОЧНОСТІ			0,79			1,00			0,92	0,6
Похибка, м	15	0,60		25	1,00		15	0,60		0,2
Темп реєстрації, с	300	0,83		250	1,00		1200	1,00		0,8
2.2. ЕНЕРГЕТИЧНІ			0,58			0,82			0,84	0,05
Потужність, Вт	2	0,40		4	0,80		5	1,00		0,3
Тривалість автономної роботи, год.	1	0,20		3	0,60		5	1,00		0,3
Дисплей, мм	48	1,00		82	1,00		50	0,61		0,4
2.3. ЕРГОНОМІЧНІ			0,42			0,90			0,92	0,25
Простота користування, балів	3	0,60		5	1,00		5	1,00		0,1
Зручність зчитування інформації, балів	2	0,40		4	0,80		5	1,00		0,5
Доступність інформації, балів	2	0,40		5	1,00		4	0,80		0,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2.4.НАДІЙНОСТІ			0,95			1,00			1,00	0,1
Діапазон робочих температур	70	1,00		50	0,83		60	1,00		0,8
Діапазон допустимих поштовхів, м/с ²	40	0,75		60	0,00		30	0,01		0,2
3. СПОЖИВЧІ			0,90			0,98			0,95	0,4
Наявність мережі технічного сервісу	4	1,00		3	1,00		2	1,00		0,1
Ресурс, тис. год.	0,5	0,10		2,7	0,55		4,9	1,00		0,05
Ціна нового, USD.	390	0,97		380	1,000		410	0,927		0,7
Вартість програмного забезпечення, USD	2400	0,75		1800	1,000		1840	0,978		0,15
Загальний технічний рівень			0,78			0,55			0,83	

Найвищий показник відносного технічного рівня є у GPS-приймача GARMIN. Тому його обираємо для використання в інформаційній диспетчерській системі.

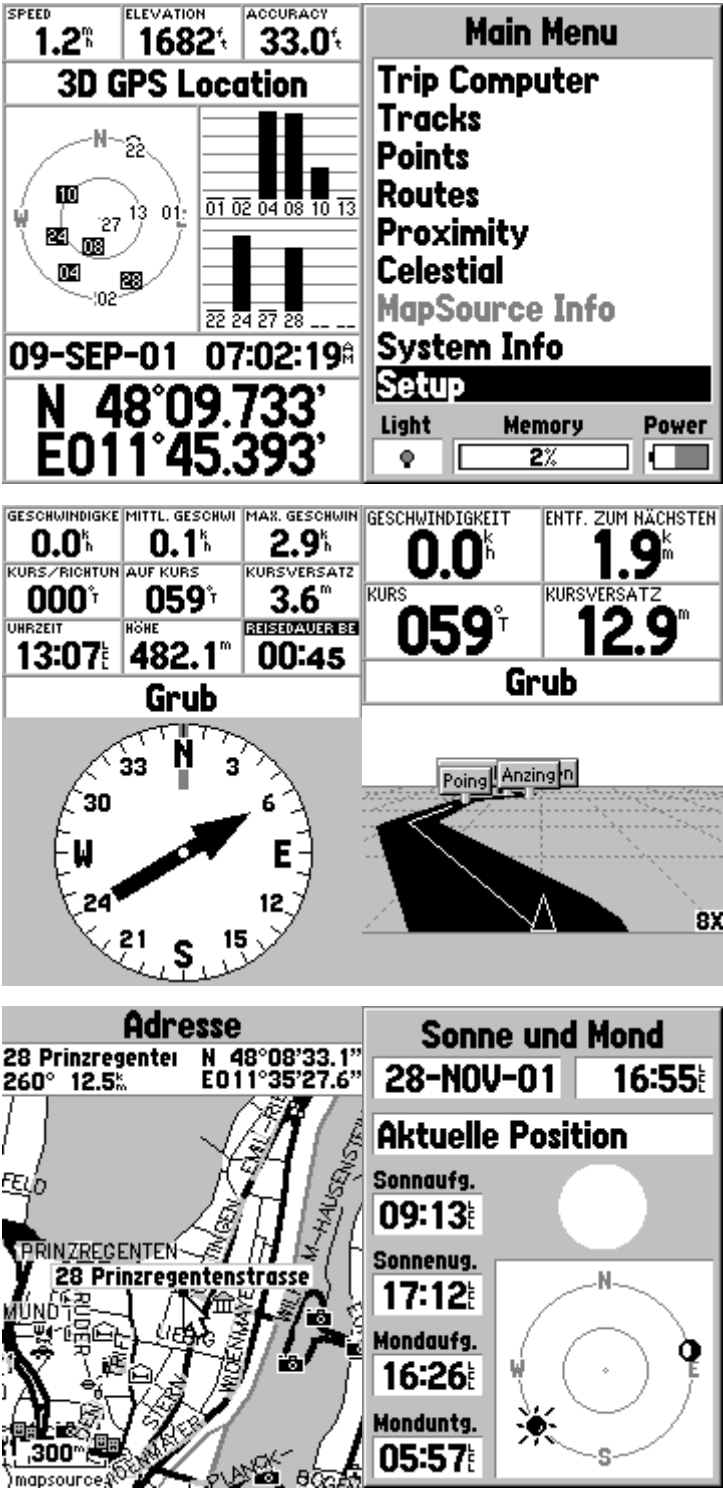


Рисунок Б.1 – Экран приемача GARMIN GPSMAP 76S