

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту ім. М.П.Момотенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення імітаційного тестування підсистеми «водій –
автомобіль» в конфліктних ситуаціях»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

Валерій ВОЙТЮК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

Людмила ТІТОВА

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Виконав:

Микола БОВСУНОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

Д.Т.Н., проф.
(науковий ступінь, вчене звання)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Миколі БОВСУНОВСЬКОМУ
(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення імітаційного тестування
підсистеми «водій-автомобіль» в конфліктних ситуаціях»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «Є»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати
науково-дослідних робіт по літературних джерелах з безпеки дорожнього руху

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичне вивчення впливу параметрів технічного стану транспортного засобу та дорожнього середовища на імітацію підсистеми «водій-автомобіль» в конфліктних ситуаціях

3. Методика розрахунку концептуальної моделі віртуального руху АТЗ як рух підсистеми «водій-автомобіль» комплексної системи «водій-автомобіль-дорога-середовище»

4. Результати експериментальних досліджень конфліктних ситуацій автомобіля

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Людмила ТІТОВА

(ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Микола БОВСУНОВСЬКИЙ

(ім'я прізвище)

НУБІП України

Р

НУБІП України
Ранка ризиків виникнення дорожньо-транспортних пригод, конфліктних та

Б

НУБІП України

В

НУБІП України
Моделі 2-го рівня. Концептуальна модель віртуального руху АТЗ як рух

В

Модання модулів програми моделювання віртуального руху АТЗ у вигляді

НУБІП України
Модель віртуального руху АТЗ при взаємодії з іншими учасниками

В

НУБІП України

В

НУБІП України
Результати попереднього тестування професійно-важливих

В

В

В

В

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

Н
У
Б
І
Л

П

І

Я

Н

І

К

Р

А

І

Н

І

К

Р

А

І

Н

І

К

Р

А

І

Н

І

К

Р

А

І

Н

І

К

Р

А

І

Н

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

НУБІЛ ПІЯНІНІ КРАЇНИ

Результати онки ризиків здоров'я, майну при надзвичайних

ВСТУП

У 2022 р. в Україні зафіксовано 20597 дорожньо-транспортних пригод (ДТП), в яких загинуло 7991 і поранено 58618 осіб. З них 210 – з особливо тяжкими наслідками (з числом загиблих 5 і більше або постраждалих 10 і більше осіб), у яких загинуло 586 та поранено 720 осіб [1]. Такі ДТП належать до техногенних надзвичайних ситуацій (НС) та мають великий соціальний резонанс. Крім цього виникають і інші небезпечні ситуації, що призводять до катастрофічних наслідків в автотранспортному комплексі (АТК): розлив або втрати при перевезенні небезпечних вантажів, руйнування дорожніх споруд з економічними втратами, загибеллю людей та екологічними наслідками.

За статистикою ДІБДР, до 90% ДТП (у 2022 р. - 87%) [1] зумовлені «людським фактором», насамперед помилками, які допускаються водіями при керуванні транспортним засобом (ТЗ). Особливо важливо дослідити надійність водіїв міського громадського транспорту (маршрутних автобусів), які значну частину робочого часу схильні до великих навантажень і внаслідок втоми. розвитку професійних захворювань можуть робити помилки, що призводять до виникнення ДТП та НС.

Роботи з дослідження факторів, що впливають на надійність водія, проводилися в 60-80-х роках минулого сторіччя і вимагають розвитку та актуалізації у зв'язку з зростаючим і постійно зростаючим рівнем автомобілізації, науково-технічним прогресом, розвитком теоретичних та інструментальних методів наукових досліджень. В останні десятиліття проблема забезпечення надійності водія розглядалася, як правило, поза рамками системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» (ВАДС).

Мета магістерської роботи - підвищення надійності роботи водія АТЗ за рахунок розробки науково-методичних основ оцінки ризиків виникнення критичних ситуацій та надзвичайних ситуацій у віртуальному дорожньому середовищі (ВДС).

Об'єктом магістерської роботи є водій АТЗ у межах транспортної людино-машинної системи управління (ЛМСУ).

Предмет магістерської роботи - методи оцінки надійності водія автотранспортного засобу.

Результати магістерської роботи забезпечується використанням загальноприйнятих теоретичних проходів системного аналізу, застосуванням сучасного програмного забезпечення ((Microsoft Excel, Autodesk AutoCAD, атестованих засобів вимірювання, повторюваністю результатів вимірювань

Наукова новизна полягає:

розробці оригінальної методики оцінки надійності водія АТЗ, що включає попередню оцінку професійно важливих якостей (ПВЯ) водія, оцінку ризиків виникнення КС та НС у віртуальному дорожньому середовищі (ВДС); розробці, створенні та випробуванні запатентованої конструкції ІВ, що володіє високим ступенем відповідності реальному автобусу та моделює умови виникнення КС та НС у ВДС.

Теоретична та практична значущість роботи полягає у розробці методичного підходу до кількісної оцінки надійності водія, дослідного зразка для наукових та навчальних цілей, що моделює КС та НС у ВДС; у рекомендаціях щодо зниження напруженості праці водія за рахунок дистанційного моніторингу його психофізіологічних показників

РОЗДІЛ 1 ТРАНСПОРТНІ ЛЮДИНО-МАШИННІ СИСТЕМИ

КЕРУВАННЯ ТА НАДІЙНІСТЬ ВОДІЯ

Транспортна людина-машинна система керування ЛМСК є взаємопов'язаною системою «водій - ТЗ». Тому при її розгляді слід аналізувати технічний та людський аспекти у нерозривному зв'язку. Такий підхід передбачає оцінку надійності як машини, а й оператора (водія), що є головним керуючим елементом у цій системі, здійснює безперервне регулювання «машини» шляхом відповідних впливів. При цьому в сучасних умовах підвищення якості та надійності саме операторської діяльності в ЛМСК найчастіше є найбільш значущим завданням, оскільки неадекватна робота людини-оператора призводить до величезних фінансових та людських втрат.

На основі літературних даних усі фактори, що впливають на надійність водія, можна розбити на три групи (рисунок 1.1) [17], [18].

Зовнішні	Внутрішні	Особливості оператора
<ul style="list-style-type: none">➤ конструктивні особливості дороги;➤ дорожні умови (інтенсивність руху, швидкість і ін.)➤ дорожнє оточення (насиченість дорожніми знаками, інформаційними табло та ін.)➤ умови середовища (освітленість, стан покриття)	<p>обстановка на робочому місці водія (РМВ):</p> <ul style="list-style-type: none">➤ мікроклімат➤ концентрації забруднюючих речовин➤ шум➤ вібрації➤ освітленість➤ наявність відволікаючих факторів	<ul style="list-style-type: none">➤ вік➤ стаж і професіоналізм➤ темперамент, характер, настрій➤ загальне самопочуття, стан здоров'я, шкідливі звички

Рис. 1.1 Чинники, що впливають на надійність водія

Фактори, що належать до першої групи, розглянуті, наприклад, [19], [20]; до другої - [17]; до третьої - [20], [21].

За підсумками даних статистики ДТП виявив закономірності між конструкційними особливостями дороги та ДТП. Найбільшу небезпеку для

руху становлять ліві повороти, особливо з другорядної дороги. На їхню частку припадає понад 40% від усіх ДТП на перехрестях.

У [20] узагальнено норвезькі дані щодо зв'язку кількості ДТП з типами доріг, типами перехресть, різними елементами доріг, із зовнішніми умовами (рис. 1.2), а також з якостями учасників руху (рис. 1.3).



Статистика ДТП в Україні за 2022 рік

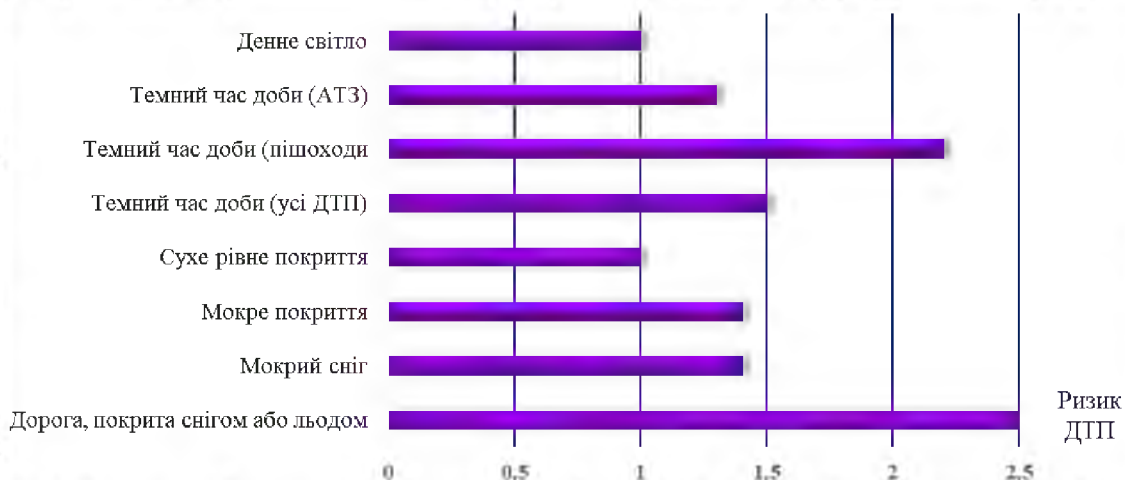


Рис. 1.2 Вплив освітленості та стану дорожнього покриття на ризик виникнення ДТП

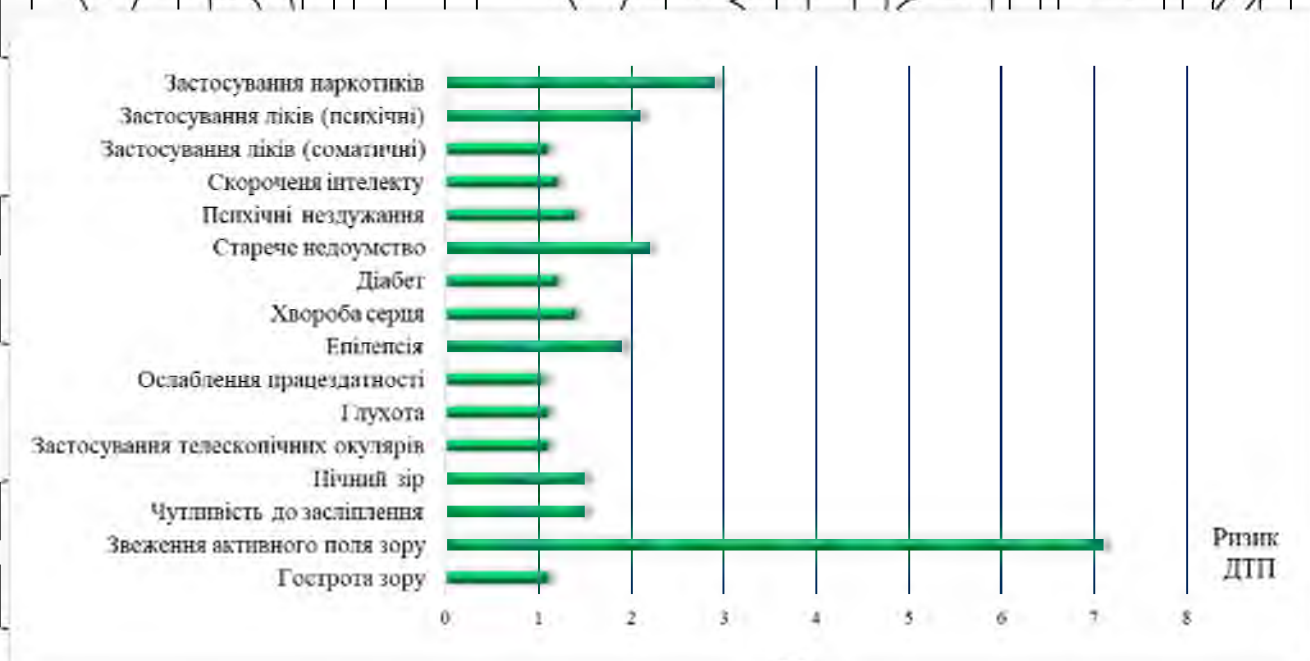


Рис. 1.3 Вплив стану здоров'я водія на ризик виникнення ДТП

Наведені оцінки потребують експериментального підтвердження та уточнення, були отримані за матеріалами узагальнення даних джерел 15..20-річної давності, тобто. за відсутності на автомобілях антиблокувальних та інших систем підвищення активної безпеки.

Майже всі дослідження впливу різних хвороб та проблем зі здоров'ям на ризик події відносяться до водіїв автомобілів; якість багатьох досліджень є низькою. Тому результати слід розглядати лише як констатацію взаємозв'язку різних проблем зі здоров'ям із ризиком подій, а не як встановлені кількісні зв'язки факторів, що впливають.



Рис. 1.3. Помилки водія



Рис. 1.5. Прямі помилки водія АТЗ



Рис. 1.6. Непрямі помилки водія АТЗ

При аналізі причин дорожніх аварій були виявлені [21], [22], [23] основні та побічні психологічні фактори, що визначають ризик виникнення ДТП (рис. 1.4 та 1.5), причини, що безпосередньо і опосередковано залежать від водія водія за кількістю ДТП (рис. 1.8).

Слід зазначити, що всі наведені дані ґрунтуються на фактах фіксації ДТП, що є рішенням зворотних завдань, коли окремі причинні характеристики ДТП невідомі і потрібно визначити їх за доступною на момент розслідування

інформації. Вирішення ж прямого завдання (встановлення причинно-наслідкових зв'язків) вимагає створення сучасних апаратно-програмних комплексів, що моделюють системи ТЗ, можливі (штатні та позаштатні) дорожні ситуації та оснащені системами психофізіологічного контролю водія, які дозволять отримати об'єктивні кількісні показники, що характеризують процес сприйняття дорожніх умов [24].

У літературі наведено різні визначення надійності. Так, у роботі [4] під надійністю розуміється ймовірність безвідмовної роботи у заданих умовах та у заданий період часу. Для дослідження ЛМСК таке визначення необхідно доповнювати розшифрованою безвідмовності. Це враховано авторами у пізнішому формулюванні: надійність – здатність безпомилково керувати автомобілем у будь-яких дорожніх умовах протягом усього робочого часу [14].

Однак обидва визначення мають на увазі, що водій не має права на помилки; при помилках водій стає ненадійним, що розходиться з повсякденною практикою.

Р.В. Ротенберг [10] визначає надійність водія як властивість зберігати параметри функціонування в межах, що забезпечують безпеку руху та відповідні режими руху та умови використання автомобіля. Таке формулювання більш повно відображає особливості професійної діяльності водія (враховує можливість здійснення дрібних помилок, але з неї незрозуміло, про які параметри функціонування йдеться і що включає безпеку руху).

У даній роботі для вирішення поставлених завдань під надійністю водія розуміється здатність своєчасно та безпомилково приймати та обробляти інформацію про стан МС, дорожні умови, а також приймати та реалізовувати адекватні рішення з управління ТЗ протягом заданого проміжку часу з допустимими рівнями напруженості праці та ризиків виникнення КС, ДТП та НС.

критичні методи оцінки надійності водія

Використання математичного апарату та методів розрахунку теорії надійності технічних систем при оцінці діяльності людини має обмежений

характер, тому що не враховується істотна похибка, що вноситься в надійність функціонування оператора різними не цілком алгоритмізованими збуреннями, пов'язаними з психосоціальними компонентами, та опосередкованим впливом на людину. Психосоціальні визначення, навпаки, не враховують технічну складову системи, що є причиною спотворень і неточностей під час проведення оцінки ЛМСК [17], [24].

Теоретична оцінка надійності водія ТЗ (переважно непряма) може здійснюватися за результатами:

адаптації моделей теорії оцінки надійності операторів інших видів ТЗ та систем (авіаційних та космічних);

цінки відповідності РМВ санітарно-гігієнічним вимогам під час проведення їх атестації у встановленому порядку;

- оцінки ризиків захворюваності водія, а також ймовірності виникнення

ДТП з використанням різних статистичних даних медичного контролю, ДІБДР, страхових компаній та інших джерел. Ці дані дозволяють у першому наближенні відстежити вплив умов на РМВ на стан водія та пов'язати його з ймовірністю виникнення відмови (розвитку захворювання, ДТП).

У першому випадку необхідно сформувати бази статистичної інформації, які містять основні помилки та результати оцінки поведінки водіїв у різних дорожніх умовах. При цьому сам «людський фактор» необхідно достатньо формалізувати, представивши водія як біоробота.

На підставі оцінки відповідності РМВ санітарно-гігієнічним вимогам при проведенні їх атестації можна лише з дуже великим наближенням судити про надійність водія, оскільки не враховується вплив зовнішніх факторів (дорожні та погодні умови), а також особливості сприйняття водієм цих факторів.

Теоретичні основи та практична реалізація третього методу викладені у

Завдання виявлення закономірностей та причин виникнення ДТП, зниження ймовірності їх вчинення водіями залишається актуальним та потребує нових, сучасних рішень та підходів.

експериментальні методи оцінки надійності водія

Надійність водія визначається його психофізіологічними показниками. У [23] наводяться основні психологічні та фізіологічні якості водія, що впливають на безпеку руху: особливості зорового сприйняття швидкості, відстані та пропорцій предметів; концентрація, розподіл та стійкість уваги; несприйнятливність до перешкод; стресостійкість.

Щоб відповісти на запитання, чи зможе водій адекватно та своєчасно реагувати в мінливому ДН, що вимагає швидких і точних дій, наскільки він схильний до вчинення ризикованих дій під час дорожнього руху (ДР), чи зможе концентрувати та тривалий час утримувати свою увагу на ДН,

розроблені та використовуються системи та прилади, що дозволяють оцінювати ПВК водія, прогнозувати успішність навчання водійської професії [26 – 29]. Приклад такої системи – універсальний психодіагностичний комплекс УПДК-МК. Комплекс забезпечує реєстрацію, проведення процедури тестування та автоматичний аналіз психофізіологічних показників

обстежуваних водіїв та містить такі блоки тестів для водіїв автобусів міського та приміського повідомлень: рівень сприйняття швидкості та відстані, схильність до ризику, розподіл уваги, емоційна стійкість, складна рухова реакція, оцінка пильності (для водіїв міжміських автобусів) [30]. Такий

комплекс слід використовувати при оцінці надійності водія, оскільки він дозволяє визначити знижений рівень ПВК водія, а отже, простежити кореляційний зв'язок між цими якостями та ризиками виникнення КС, ДТП, НС.

Проведення комплексних досліджень сприйняття водієм реальних дорожніх умов у процесі роботи здійснюється з використанням ходових лабораторій або ІВ, що дозволяють безпосередньо під час руху маршрутом

(імітують такий рух у віртуальній реальності) фіксувати режим руху автомобіля, до ряду психофізіологічних показників.

З великої кількості методів психофізіологічних досліджень, що застосовуються в інженерній психології, інтерес становлять ті, які задовольняють, як мінімум, двом вимогам: вони повинні давати кількісні характеристики психофізіологічного стану водія та застосування їх не повинно порушувати нормальних трудових умов. Огляд таких методів наведено у таблиці 1.1.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 1.1

Методи психофізіологічних досліджень водія

Метод	Опис	Переваги	Недоліки
Електроенцефалографія (ЕЕГ)	Реєстрація коливань електричних потенціалів мозку із поверхні черепа. Сумарна електрична активність клітин мозку у кожен час [34].	Висока інформативність: відображає найменші зміни функції кори головного мозку та глибинних мозкових структур, забезпечуючи мілісекундний тимчасовий дозвіл, не доступний іншим методам дослідження мозкової активності. Якісний та кількісний аналіз функціонального стану головного мозку та його реакцій при дії подразників [35].	Реєстрація сигналу здійснюється за допомогою накладених на шкірну поверхню голови електродів, що відводять, кріплення яких створює проблеми для водія.
Електрокардіографія (ЕКГ)	Реєстрація електричної активності міокарда, що розповсюджується серцем протягом серцевого циклу. Аналіз форми зубців та співвідношення інтервалів між комплексами.	Основний індикатор емоційного стану людини при фізичному та розумовому навантаженні. Найбільш вивчений показник; методика вимірювання та аналізу найбільш досконала.	Важко розміщувати електроди, які знімають потенціал, на тілі водія. Багатопровідні системи можуть стати на заваді роботі водія.
Частота серцевих скорочень (ЧСС)	Окремий випадок ЕКГ. Аналіз зміни частоти пульсу.	Легко піддається реєстрації та обробці. Є хорошим показником напруженості роботи водія, особливо у випадках, де можуть з'являтися стресові навантаження. Можна судити про момент виявлення водієм сигналу та його значущості. Почастішання пульсу корелює з пильністю [8].	Ні

Метод	Опис	Переваги	Недоліки
Шкірно-гальванічна реакція (КГР)	Реєстрація електричного опору шкіри	<p>Опір шкіри зменшується при дії будь-якого подразника.</p> <p>Використовується для оцінки емоційного стану людини та процесу прийому та переробки ним інформації, а також як індикатор підготовки до дії, уваги та рівня пильності.</p> <p>Чутливо до розвитку стресової реакції [31].</p> <p>Відзначено характерні зміни КГР з розвитком стомлення людини, особливо в умовах одноманітної роботи [36].</p> <p>Частота КГР, будучи більш контрольованим показником, порівняно з числовими значеннями опору, дозволяє оцінити частоту надходження до водія цінної інформації.</p>	<p>Виникає у відповідь на найрізноманітніші зовнішні подразники, а також іноді спостерігається значна зміна КГР на незначну для забезпечення безпеки руху інформацію та пропуск цінної інформації.</p> <p>Для відокремлення корисних сигналів від артефактів необхідно підкріплювати показаннями іншої психофізичної характеристики [33]. Числові значення рівня КГР дуже залежить від особистих особливостей людини і є об'єктивним показником. Можливий вимір амплітуди коливань КГР у частках від загального рівня в момент появи реакції та кореляція з цінністю сприйнятої інформації.</p>
Окулографія (ОКГ)	Реєстрація рухів очей та визначення координат погляду.	<p>Запис рухів очей під час процесу спостереження з паралельним записом сцени, що спостерігається, дозволяє виявити ділянки цієї сцени, на яких концентрується більша кількість фіксацій [32].</p> <p>Інформативна за монотонних умов роботи [33].</p> <p>Встановлено зв'язок організації зорової роботи з напруженістю уваги, щодо швидкості переробки інформації — зв'язок характеру руху очей з величиною інформаційного навантаження [37].</p>	<p>Сучасні автоматизовані системи типу Eye</p> <p>При високих рівнях психічного напруження інформативність різко падає [8], [33], [37].</p>

Найбільш надійними корелятами психічної напруги водія є електрокардіограма (ЕКГ), КГР і окудографія (ОКГ), що snьдно реєструються. КГР безпомилково дозволяє встановити прийом емоційно значущого сигналу в 92% випадків і як компонент орієнтовної реакції завжди відповідає на прийом або очікування значущої інформації [8], [31], [32], [33].

У різний час проводилися дослідження зв'язку напруженості роботи людини-оператора із змінами його психофізіологічних показників, зокрема, ЧСС, у лабораторних та натурних умовах [38 – 42]. У [42] наведено значення ЧСС, що відповідають різного ступеня напруженості: при ЧСС менше 70 уд./хв. оператор перебуває у стані монотонії, діапазон ЧСС від 70 до 85 уд./хв. відповідає функціональному комфорту, значення ЧСС вище 85 уд./хв. відповідають стресові.

Є.М. Лобанов [8] узагальнив зв'язок психофізіологічних якостей людини з безпекою руху. Оскільки зміна цих якостей організму водія відбувається під впливом ДЮ, вважаються, що психофізіологічні характеристики водія є індикатором причин ДТП. Основним показником, за допомогою якого можна характеризувати надійність водія та відслідковувати вплив на нього різних факторів, а також оцінити ризик виникнення помилки в конкретній ситуації, є

час реакції водія – інтервал часу між моментом появи сигналу та початком реалізації дії у відповідь. У таблиці 1.2 наведено середні відносні значення різних показників при різному ступені напруженості, виражені в частках оптимальної напруженості, що відповідає максимальній надійності роботи водія [43].

Необхідно відзначити, що наведені дослідження проводилися близько 40 років тому з використанням складної в експлуатації та промізкої апаратури. Сучасні тенденції мініатюризації мікропроцесорної техніки та розвитку бездротових технологій відкривають нові перспективи перед дослідниками.

З'явилася велика кількість інструментальних методів та засобів моніторингу стану людини різного призначення, які мінімально відволікають її від виконання основних виробничих обов'язків. Проте аналіз літературних даних показав, що нині немає повноцінного комплексу для психофізіологічних

досліджень водіїв. Є певний розвиток у сфері систем контролю неспання [44],

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 1.2

Залежність надійності водія від психофізіологічних характеристик

Показник	Відносні характеристики напруженості					Чудова напруженість
	Сенсорний голод	Недовантаження	Оптимум навантаження	Підвищене навантаження	Перевантаження	
Надійність роботи						
Частота пульсу						
KMP						
Частота фіксацій						
Частота дихання						

Домогтися статистичної достовірності взаємозв'язку факторів, що визначають ризики втрати здоров'я або створення аварійної ситуації водієм з урахуванням ДО, якості середовища в населеному приміщенні, наявності технічних засобів, що забезпечують передачу частини функцій водія

комп'ютерним інтегральним системам управління, що знаходяться в ТЗ і поза ним, можна, перш за все, під час проведення досліджень на тренажерах (ІВ), де відтворюються умови роботи водія, максимально наближені до реальних.

В даний час виникається велика кількість автомобільних тренажерів.

Широкого поширення набули комп'ютерні автомобільні симулятори спрощеної конструкції, які забезпечують закріплення теоретичних знань та правил дорожнього руху, дозволяють моделювати дорожні ситуації та пропонують учню знайти правильне рішення, пов'язане з діями в тій чи іншій ситуації. У них використовуються спрощені математичні моделі систем

автомобіля, а також системи візуалізації з обмеженим рівнем деталізації картини, що відображається. Застосування таких тренажерів для практичної підготовки водіїв може призвести до втрати здатності адекватно сприймати деталі реальної ДО (ефект тунельного зору) та формування хибних моторних

навичок керування автомобілем, що в сукупності збільшить ризик виникнення аварійних ситуацій на дорогах.

Найбільшою адекватністю відрізняється відтворення дорожньої ситуації на тренажерах, які виконуються на базі реальних кабін ТЗ [46], [47]. Такі тренажери використовуються для початкової підготовки водіїв: ознайомлення учнів із вимірковальними приладами та порядком роботи з органами керування автомобіля, а також для формування та закріплення початкових (моторних) навичок керування автомобілем. На тренажерах можна безпечно імітувати їзду з високою швидкістю, в екстремальних, складних дорожніх умовах (сніг, туман, ожеледиця), при виникненні критичних та аварійних ситуацій, що впливають на безпеку руху, без витрат паливно-мастильних матеріалів та мотобресурсу ТЗ.

Максимальну достовірність мають тренажерні комплекси, що дозволяють встановити на динамічну платформу автобус у зборі. В даний час основними розробниками автобусних тренажерів є фірми, що спеціалізуються на розробці тренажерів для космічних апаратів, суден, літаків, бронетанкової військової техніки. Ними накопичено великий теоретичний, науково-методичний доробок та практичний досвід [8].

цінка ризиків виникнення дорожньо-транспортних пригод, конфліктних та надзвичайних ситуацій

Одним із ключових в описі діяльності людини-оператора складних систем управління, особливо процесу прийняття рішень, є поняття ризику.

Ризик - це дія (вчинок), що виконується в умовах вибору в ситуації невизначеності, коли існує небезпека у разі невдачі опинитися в гіршому становищі, а у разі удачі - у кращому. При такому трактуванні будь-яка діяльність за умов небезпеки розцінюється як прояв ризику. Теоретичні основи проблеми ризиків техногенних систем викладені у [3], [4]. Поняття ризику у

зв'язку з надійністю людини-оператора, але з наводить ні кількісних, ні якісних залежностей між цими поняттями, лише дає визначення ризику. Класифікації ризиків наведені в [7], однак стосовно ЛМСК має місце ризик

комплексний (у класифікації відсутній), який характеризує масштаби та тяжкість негативних наслідків надзвичайних ситуацій, а також різноманітних явищ і перетворень, що знижують якість життя людей. По суті, це ризик для групи чи спільноти людей. Оцінити його можна, наприклад, з динаміки смертності, розрахованої на 1000 осіб відповідної групи.

Найбільш загальний показник ризику у формалізованому вигляді має такий вигляд [8]: показник ризику (збиток/час) дорівнює добутку частоти (події/час) на середні збитки (збитки/події). У цьому роботі використовується таке уявлення ризику.

Ризики у сфері безпеки дорожнього руху розглядали В.В. Столяров [9], І.В. Мартинюк [20], Д.Г. Мороз [22], проте більшість фахівців у галузі безпеки дорожнього руху під ризиками розуміють не добуток ймовірності чи частотності виникнення несприятливої події (ДТП) на величину можливої шкоди, а лише ймовірність (частотність).

Методика визначення шкоди від ДТП наведена у [23]. Для оцінки збитків від ДТП можна використовувати показники аварійності ділянок дороги, методику визначення яких наведено в [4], [6].

В основі більшості з існуючих методів оцінки рівня безпеки руху лежить збір і статистичний аналіз інформації про ДТП, що вже відбулися, і для проведення достовірної оцінки необхідно мати надійні статистичні дані за досить тривалий період часу не менше 3...5 років. Також має виконуватися умова, що за весь період, що розглядається, на дорозі не проводилися роботи, що суттєво вплинули на умови та безпеку руху, не відбулося змін характеристик транспортного потоку (інтенсивність і склад руху). Можливі спотворення справжніх причин виникнення ДТП через недостатню кваліфікацію чи незацікавленість осіб, складових звіт. Крім того, звітні статистичні дані про ДТП не відображають цілу низку дрібних, не реєстрованих подій, а також ситуацій, що знаходяться на межі виникнення ДТП. Треба враховувати причини виникнення ДТП, у тому числі й конкретні помилки у діях учасників руху, що спричинили виникнення ДТП.

Недоліки статистичного методу оцінки частотності виникнення ДТП та незручність його використання, а також відсутність можливості адекватного прогнозування призводять до того, що останнім часом все більше уваги приділяється вивченню передаварійних ситуацій, КС, які могли б перетворитися на ДТП, але не перетворилися та не потрапили у статистичну звітність. Це дозволяє виявити причини ДТП і, відповідно, вживати ефективніших заходів щодо їх скорочення. Крім того, КС зустрічаються набагато частіше, ніж ДТП, тому їх зручніше реєструвати, досліджувати та надалі відтворювати.

В.С. Шенгелас встановив наявність зв'язку між тяжкістю КС та артеріальним кров'яним тиском. Однак, у літературних джерелах різні автори в поняття «КС» вкладають різне, тому отримані взаємозв'язки між числом ДТП та КС не мають однозначного чисельного виразу та варіюються у суттєвому діапазоні (від 1:7000 до 1:30000).

Істотне проєсування розробки методів кількісної оцінки ймовірності виникнення ДТП - методу КС - зроблено на роботах, [7]. У цих роботах під КС розуміється дорожньо-транспортна ситуація (ДТЗ), що виникає між учасниками дорожнього руху або автомобілем, що рухається, і обстановкою дороги, при настанні якої трапляється ДТП, якщо в діях учасників руху не відбудеться зміни, і вони продовжуватимуть рух у колишньому режимі. КС характеризується ступенем небезпеки $\sigma_{оп}$, (таблиця 1.4) яка має наступні властивості [7]:

показником ступеня технічної можливості запобігти ДТП;

при $\sigma_{оп} = 0$ ДТП виключається;

і збільшенням значення $\sigma_{оп}$ від 0 до 1 ситуація поступово переходить від повністю безпечної до ДТП, що однозначно призводить до ДТП;

снує критичне значення $\sigma_{оп} = 1$, яке є граничним між ситуаціями, що

однозначно призводять до ДТП та ситуаціями, при настанні яких є технічна можливість запобігти ДТП;

безрозмірною величиною;

зрахунок дозволяє однозначно визначити рівень небезпеки КС.

Таблиця 1.4

Класифікація КС з позиції ступеня небезпеки

Характеристика КС	Небезпечна ситуація	Незначний конфлікт	Слабка КС	Середня КС	Важка КС	Попередня ситуація	ДТП
$\sigma_{оп}$							

Аналіз результатів проведених досліджень довів, що є стійкий кореляційний зв'язок між числом КС та ДТП. Залежність між коефіцієнтом відносної аварійності та числом зафіксованих конфліктних ситуацій при коефіцієнті кореляції 0,86.

Комп'ютерна модель КС, в якій встановлюються залежності між КС та технічним станом автомобіля та зовнішніми умовами та варіюються наступні параметри дороги та показники транспортного потоку (ТП): інтенсивність руху, ширина проїжджої частини, частка легкових автомобілів у складі ТП, поздовжній ухил проїжджої частини, коефіцієнт зчеплення, показник рівності. Дану модель доцільно використовувати при розробці ІВ, на якому буде у всіх подробицях відтворюватися ділянку дороги, що існує в реальних умовах, і будуть створюватися умови для виникнення КС і НС, що дозволить дослідити КС з високими ступенями небезпеки, зібрати вибірки, достатні для статистичних висновків, а також встановити фактори, що призводять до розвитку КС у НС, та обґрунтувати заходи щодо зниження ризику та пом'якшення наслідків НС на транспорті. Для цього, зокрема, необхідно прогнозувати масштаби збитків. Оскільки транспортні НС є окремим випадком техногенних НС, для оцінки тяжкості їх наслідків доцільно використовувати нормативні документи та розрахункові методики, розроблені для НС.

Висновки до 1 розділу

У літературному огляді показано, що проблема надійності водія, як елемента системи ВДС, продовжує бути актуальною. Вивчати її доцільно тому що дають можливість моделювати небезпечні та аварійні ситуації, так і в реальних умовах, що відображають дійсну напруженість праці водія з використанням сучасного приладового забезпечення.

Метою дослідження є підвищення надійності роботи водія АТЗ за рахунок розробки науково-методичних засад оцінки ризиків виникнення КС та НС у ВДС на ІВ та оцінки напруженості праці на реальних маршрутах.

Для досягнення поставленої мети у магістерській роботі необхідно вирішити такі завдання:

- теоретично обґрунтувати методику оцінки надійності водія – ризиків виникнення КС та ДТП, що призводять до НС.
- розробити сценарії виникнення КС та НС у ВДС, що включають можливий наїзд на пішоходів, зіткнення з бензовозом, з ТЗ, що перевозить небезпечний вантаж.
- розробити методику та оцінити надійність водія за ризиками виникнення КС та НС під час руху АТЗ до ВДС та за напруженістю праці водія на реальних маршрутах.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ВОДІЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Створені оригінальні моделі руху АТЗ у віртуальному дорожньому середовищі (далі – ВДС) за заданим маршрутом як у одиночному режимі, так і у складі ТП, моделі для оцінки конфліктності ситуацій, що виникають на вулично-дорожній мережі (ВДМ) у процесі руху ТЗ, моделі реального мікропрофілю автомобільних доріг різних категорій для імітації віброакустичних характеристик кабіни ТЗ та ряд інших, які послужили вихідною базою для теоретичного обґрунтування принципів реалізації ВДС на ІС при моделюванні умов виникнення КС, НС [7 – 24].

Оцінка ризиків виникнення КС і НС під час руху ТЗ у потоці при зіткненні з ТЗ, що перевозять нафтопродукти, інші небезпечні речовини, у методиці, що розробляється, проводиться з використанням методологічних принципів, розроблених [5].

Для запису психофізіологічних показників (ЧСС та КГР) при оцінці надійності водіїв на реальному маршруті та на ІС використовувалося обладнання та методичне забезпечення компанії ЗАТ «Нейроком» [86].

Багаторівнева ієрархічна структура перерахованих імітаційних моделей та методик є теоретичною основою побудови інтелектуальної начинки ІС програмно-апаратного комплексу моделювання руху АТЗ у ВДМ при виникненні КС та НС (Рис. 2.1): 1 рівень – комплекс моделей імітації руху АТЗ залежно від стану органів під впливом дорожніх нерівностей, при звичайному та екстремальному гальмуванні; 2 рівень - моделювання взаємодії ТЗ у потоці у разі виникнення КС, оцінка рівня безпеки КС; 3 рівень - методики оцінки ризику при реалізації різних сценаріїв виникнення НС (зіткнення АТЗ з бензовозом, з ТЗ, що перевозить небезпечний вантаж, наїзд на пішоходів).

2.1 Моделі 1-го рівня. Математичні моделі руху АТЗ

На рисунку 2.2 показано плоску розрахункову схему курсового руху АТЗ.

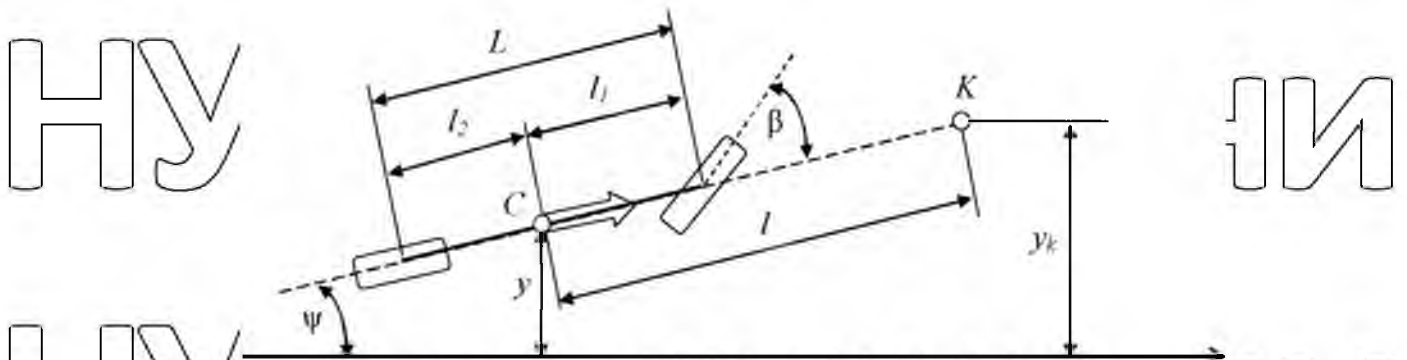
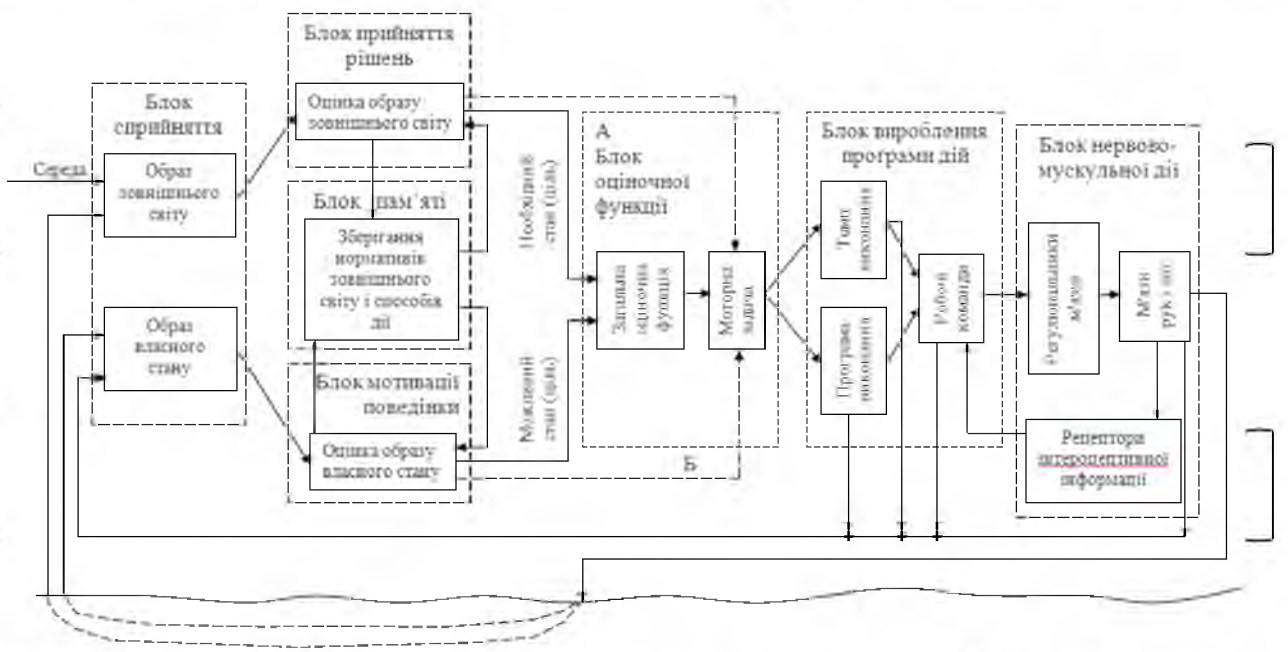


Рис. 2.2 Плоска розрахункова схема курсового руку



Диференціальні рівняння плоского руху АТЗ записуються в основній (інерційній) системі відліку:

д
е

НУБІП України =

м
а

мітаційна модель коливань АТЗ під впливом нерівностей доріг реального профілю

Основним видом на рух АТЗ є дорожні нерівності. Передбачається враховувати такі види впливів:

а) детерміноване вплив однічної нерівності по одній колії;

б) детерміноване вплив двох поздовжніх колій, що утворюються на дорозі при інтенсивному русі автотранспорту;

в) Дія стохастичних нерівностей, викликаних мікропрофілем дорожньої поверхні.

Кабіна АТЗ як тверде тіло має шість ступенів свободи: три координати деякого полюса A (x_A, y_A, z_A) та три ейлерові кути (α, β, γ) повороту навколо координатних осей гл. x, y, z (Рис. 2.4. а). Координати на рисунку 2.4 б з початком у точці C жорстко пов'язані з АТЗ.

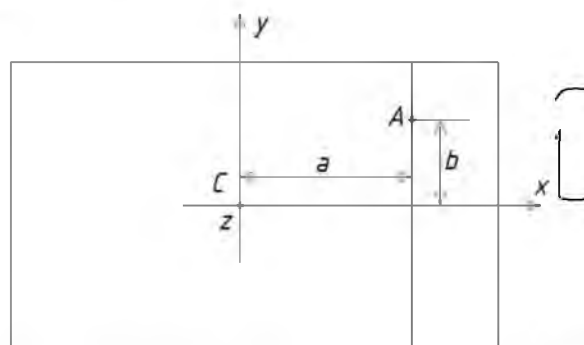
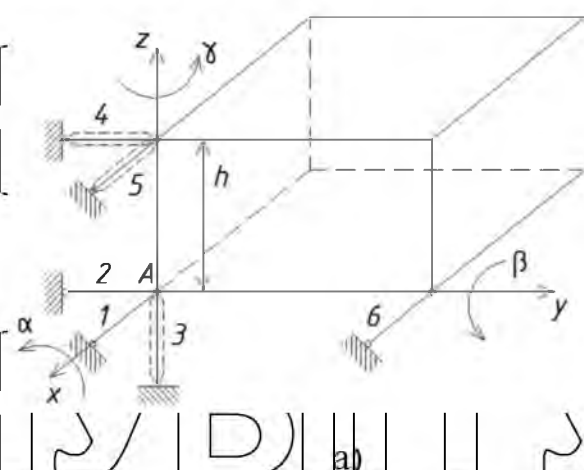


Рис. 2.3 Кабіна АТЗ як тверде тіло: а) шість ступенів свободи кабіни; б)

кабіна в площині $x-y$

Всі шість зазначених вище переміщень (три координати полюса A і три ейлерові кути) істотно впливають на водія: вертикальні коливання, зумовлені нерівностями дороги, різкі гальмування, круті повороти, маневри. Проте, три переміщення x_A, y_A, z_A на стаціонарних стендах відтворені бути не можуть, оскільки ці переміщення дуже великі, і стенд вже не буде стаціонарним.

Але отримувати сигнали x_A, y_A, z_A у на спеціальних математичних моделях курсового руху і динаміки (розгони - гальмування) АТЗ необхідно для

відповідного візуального зображення дороги, що рухається. Вхідними сигналами для цих моделей повинні бути сигнали кута повороту кермового колеса, включеної передачі, педаль газу та гальма.

Вертикальні переміщення x_A теж є великими, але якщо замість поздовжнього профілю дороги в модель вертикальних коливань подавати мікропрофіль, то переміщення будуть малими. Щоб кабіна залишалася у спокої, можна поставити шість стрижневих опор (стрижень із двома сферичними шарнірами), як показано на рисунку 2.4, а. Перші три стрижні (1, 2, 3) усувають переміщення полюса А, а стрижні 4, 5 і 6 усувають кутові переміщення відповідно, α і γ .

Щоб відтворити на стенді переміщення, α і γ , треба залишити стрижні 1, 2 і 6, а стрижні 3, 4 і 5 замінити, наприклад, гідравлічними циліндрами з

с
и
с
т
е
м

де z - вертикальні переміщення центру ваги АТЗ, м; a та b - координати x та y полюса А кабіни (Рис. 2.4, б); h - висота циліндрів 4 і 5 над плюсом кабіни А, м (Рис. 2.4, а).

Розрахункова схема, показана на рисунку 2.4, а, є математичною моделлю коливань кабіни, а чи не конструктивним рішенням. У конкретному конструктивному рішенні замість стрижневих шарнірів можуть бути використані, наприклад, циліндричні. Крім того, замість одного вертикального цапа двох горизонтальних гідроциліндрів можна використовувати три вертикальні і т.п.

а з метою спрощення конструкції ІВ (і зменшення вартості) можна відтворювати тільки переміщення i , тоді залишаються тільки гідроциліндри 3 і 4, а гідроциліндр 5 стає стрижнем. При цьому кутові переміщення повинні

ч
н
о

імітуватися картинкою зображення дороги. Можна також відтворювати тільки вертикальні коливання. Тоді залишається лише один гідроциліндр 3, а гідроциліндри 4 та 5 залишаються стрижнями. При цьому кутові переміщення α і слід імітувати зображенням дороги.

Для кількісного відтворення вертикальних коливань кабіни на стенді цілком достатньо лінійної моделі вертикальних коливань АТЗ.

Розрахункова схема вертикальних коливань у поздовжній площині показано на рисунку 2.5.

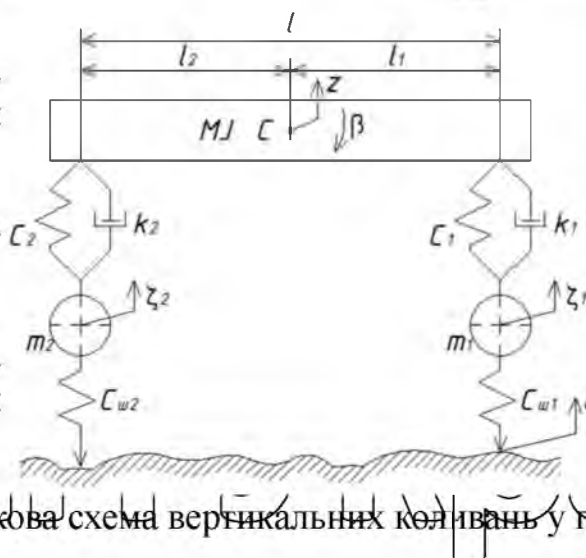


Рис. 2.5 Розрахункова схема вертикальних коливань у поздовжній площині

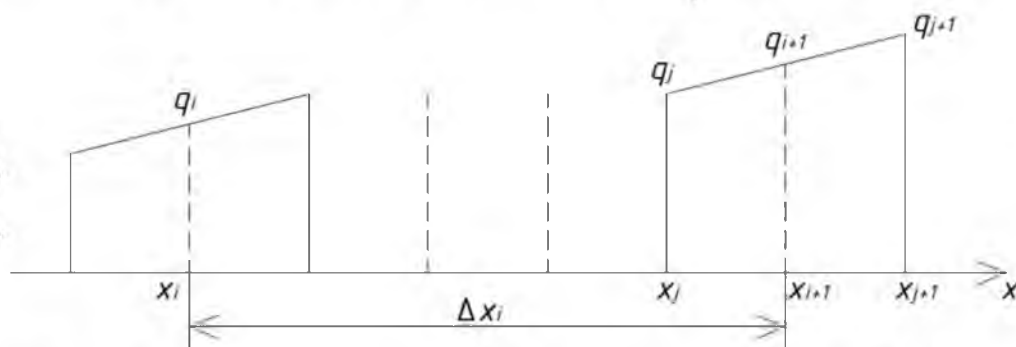


Рис. 2.6 Схема для знаходження мікропрофілю методом лінійної апроксимації
Розрахункова схема поперечно-кутових коливань (кренів) АТЗ показано на рисунку 2.7.

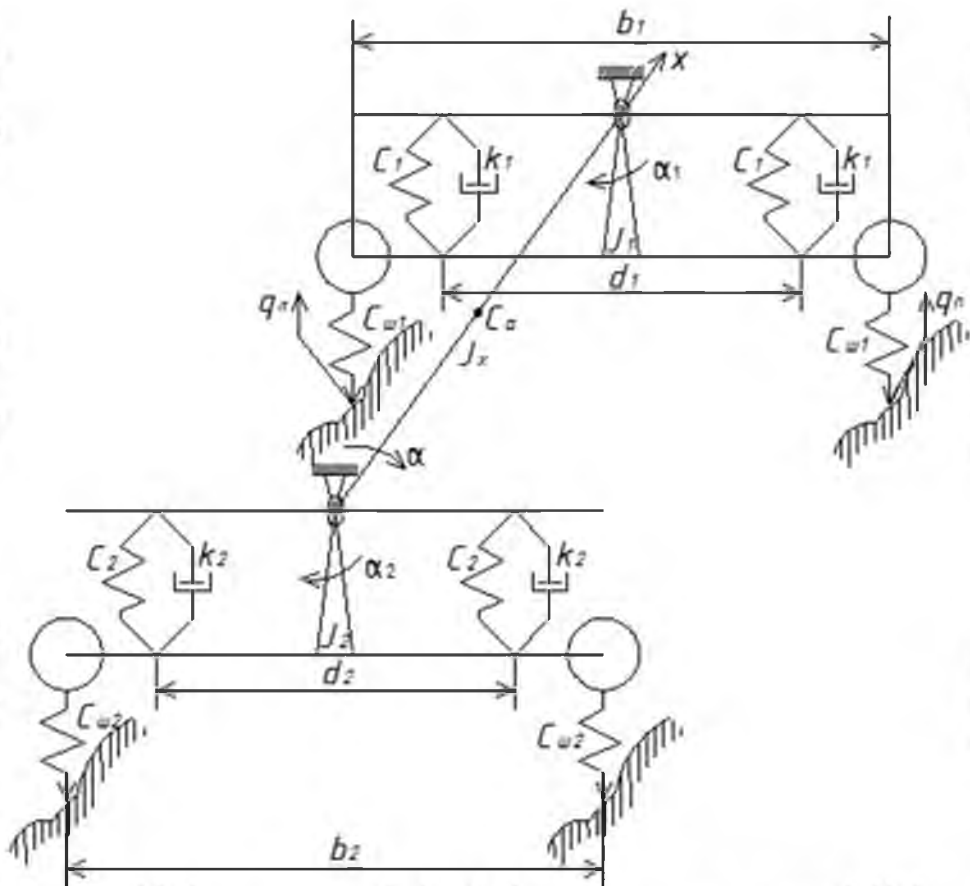


Рис. 2.7 Розрахункова схема поперечно-кутових коливань (кренів) АТЗ

Математична модель руху АТЗ при звичайному гальмуванні

У модель гальмування АТЗ входять механічна та гальмівна системи.

Механічну систему складають: кузов, передній і задній мости і колеса, що обертаються (Рис. 2.9). Ця система має 7 ступенів свободи, що визначають вектор стану механічної системи з розмірністю 12, що зумовлює розмірність системи диференціальних рівнянь, що описують рух системи.

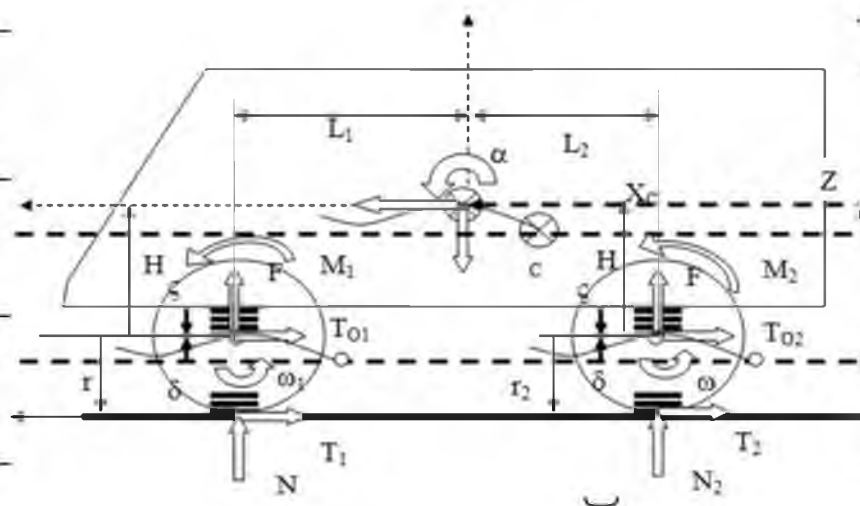


Рис. 2.9 Розрахункова схема механічної системи АТЗ для моделювання процесу гальмування

Для обчислення узагальнених сил необхідно задати активні сили та можливі швидкості. Зовнішні сили, які діють на автомобіль, і можливі швидкості вузлових точок докладання сил показано на рисунку 2.10

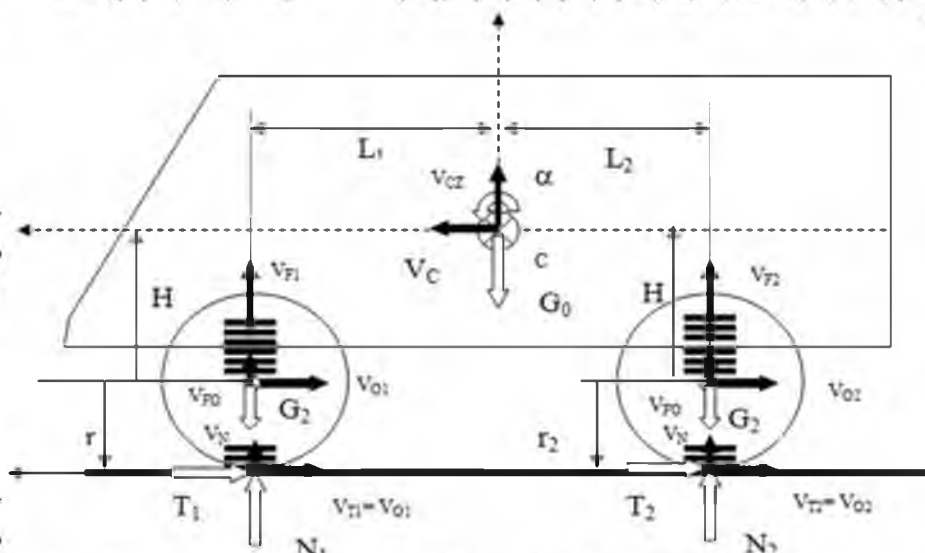


Рис. 2.10 Зовнішні сили, що діють на автомобіль, та можливі швидкості вузлових точок докладання сил

Вихідними даними моделі є: маса кузова, маса переднього та заднього мостів, момент інерції кузова щодо поперечної осі, момент інерції переднього та заднього коліс, відстань від центральної точки кузова до передньої та задньої осей, висота положення центральної точки кузова над передньою та задньою осями, жорсткість передньої та задньої підвісок, жорсткість шин переднього та заднього мостів, демпфування передньої та задньої підвісок, демпфування шин переднього та заднього мостів. Реакції елементів підвіски та коліс, прикладені в вузлових точках, обчислюються за формулами, наведеними в [18]. Для обертових мас коліс в узагальнених силах враховуються моменти втапемівних механізмах:

Центральним питанням побудови імітаційної моделі гальмування АТЗ є модель кочення колеса у поздовжній площині. У цій моделі розглядаються поздовжні сили в точках контакту шин із опорною поверхнею. Надалі використано спрощену модель, яка побудована на основі гіпотези поздовжнього ковзання. За цією гіпотезою розглядаються два режими руху колеса в поздовжній площині: кочення з пружним ковзанням у зоні контакту та повне ковзання в зоні контакту при блокуванні колеса. В області кочення з пружним ковзанням у зоні контакту дотична реакція приймається пропорційною відносною швидкістю поздовжнього ковзання в зоні контакту колеса з дорогою. В області повного ковзання в зоні контакту при блокуванні колеса реакція розраховується згідно із законом тертя Кулона.

При розробці обчислювального алгоритму враховувалася особливість розрахункових формул при значеннях швидкості руху АТЗ, близької до нульової (у моделі для цього введено граничну швидкість ковзання та коригувальні коефіцієнти).

У моделі, що застосовується, використовуються наступні параметри: радіус кочення коліс переднього і заднього мостів, вільний радіус коліс (r_0), базова швидкість для розрахунку коефіцієнта зчеплення ($V_{0\mu}$), коефіцієнт зчеплення при ковзанні переднього і заднього мостів для базової швидкості $V_{0\mu}$ (μ_{s10} , μ_{s20}), коефіцієнт зчеплення без ковзання переднього та заднього мостів для базової швидкості $V_{0\mu}$ (μ_{k10} , μ_{k20}), максимальна відносна швидкість ковзання (δv), гранична швидкість ковзання, коефіцієнти змінної та постійної складових швидкості в ковзанні, коефіцієнт зміни коефіцієнта зчеплення від швидкості (k_{μ}), окружна жорсткість шин переднього та заднього мостів (k_{T1} , k_{T2}), коефіцієнт зчеплення при ковзанні переднього та заднього мостів (μ_{s1} , μ_{s2}). Останні чотири параметри, що розраховуються.

Незалежним компонентом імітаційної моделі гальмування АТЗ є гальмівна система, показана на рисунку 2.11

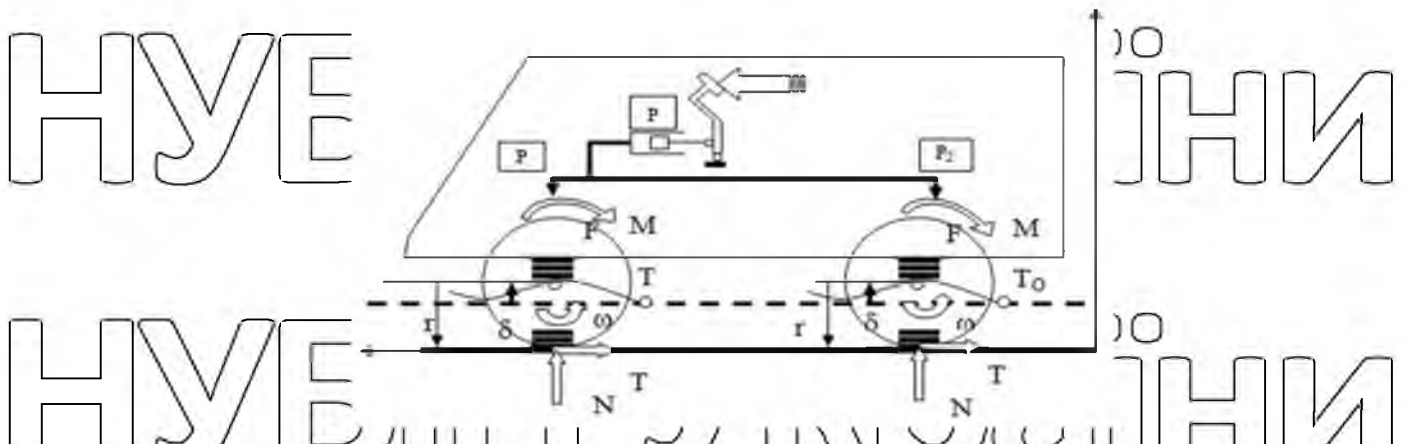


Рис. 2. Н Розрахункова схема гальмівної системи

Технічні дані АТЗ, необхідні для моделювання [9]: тип кузова, габаритні розміри, база, споряджена маса, повна маса, розподіл повної маси на передню та задню осі, колісна формула, потужність двигуна, максимальний крутний момент двигуна при 1440 об/хв., тип коробки передач, максимальна швидкість, тип кермового механізму, тип гальмівної системи.

Крім розрахункового алгоритму, модель містить блок введення та обробки вихідних даних і блок виведення розрахункових величин, які наведені в таблиці 2.1

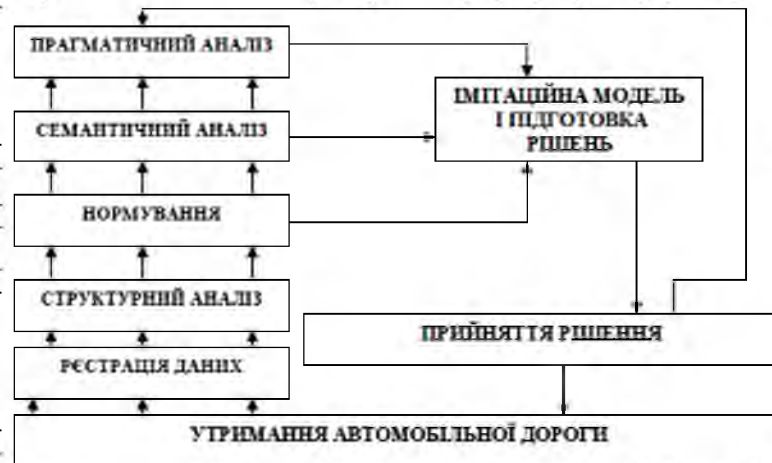


Рис. 2.4 Віртуальне управління утриманням автомобільної дороги

Таблиця 2.1

Розрахункові величини моделювання гальмування АТЗ

Тимчасові записи процесів	Числові характеристики процесів
Шляхова координата	Гальмівний шлях
Відносна швидкість ковзання коліс передньої осі	
Відносна швидкість ковзання коліс задньої осі	
Кут позовжнього крену	
Шляхова швидкість	Зменшення дорожньої швидкості в розрахунковому експерименті
Кутова швидкість коліс переднього моста, що приведена до лінійної швидкості центру колеса	
Кутова швидкість коліс заднього моста, що приведена до лінійної швидкості центру колеса	
Гальмівна дія на колесах передньої осі (гальмівний момент, наведений окружному зусиллю та нормований за статичним навантаженням на осі)	Максимальне значення гальмівного моменту на колесах передньої осі, приведенного до окружного зусилля та нормованого за статичним навантаженням на осі
Гальмівна дія на колесах задньої осі (гальмівний момент, приведений до окружного зусилля та нормований за статичним навантаженням на осі)	Максимальне значення гальмівного моменту на колесах задньої осі, наведеного до окружного зусилля та нормованого за статичним навантаженням на осі
Відносна реакція на колесах передньої осі, нормована за статичним навантаженням на осі	Максимальне значення дотичної реакції на колесах передньої осі, нормоване за статичним навантаженням на осі
Дотична реакція на колесах задньої осі, нормована за статичним навантаженням на осі	Максимальне значення дотичної реакції на колесах задньої осі, нормоване за статичним навантаженням на осі
Вертикальна реакція коліс передньої осі, нормована за статичним навантаженням на осі	Максимальне значення вертикальної реакції на колесах передньої осі, нормоване за статичним навантаженням на осі
Вертикальна реакція коліс задньої осі, нормована за статичним навантаженням на осі	Максимальне значення вертикальної реакції на колесах задньої осі, нормоване за статичним навантаженням на осі

оделі 2-го рівня. Концептуальна модель віртуального руху АТЗ як рух підсистеми «водій-автомобіль» складної системи «водій – автомобіль – дорога – довкілля»

У моделі віртуального руху АТЗ (ВДА) на дослідному стенді, що розробляється, повинен бути встановлений причинно-наслідковий зв'язок між подіями. Усі зміни режимів руху підсистем «водій-автомобіль» (в ТП) системи ВАДС, що моделюється, повинні мати свою причину і пояснення. Повинен бути сформований список подій, які можуть спричинити зміну режиму руху кожної підсистеми. Модель має давати можливість фіксувати точні моменти часу настання цих подій. Водій реагує на настання будь-якого із строго визначеного списку подій через час реакції, оцінює дорожню ситуацію та прогнозує подальший розвиток подій, приймає рішення про подальші дії, через органи керування свого автомобіля здійснює ці дії.

Параметри руху кожної підсистеми повинні знаходитися в діапазоні значень, що відповідають тягово-динамічних, гальмівних характеристик автомобілям, характеристикам дорожнього покриття (зчепності та рівності), геометричним характеристикам ділянки дороги (подовжній ухил, радіус повороту в плані та ін.).

У процесі віртуального руху кожна дія водія - натискання на педаль акселератора або гальма, обертання кермового колеса - має призводити до адекватної зміни режиму цього руху. Параметри руху віртуального АТЗ визначаються за рівняннями руху АТЗ (методами вирішення рівнянь силового та потужнісного балансу розрахунково-аналітичним способом), які встановлюють залежність характеристик руху АТЗ від ступеня відкриття дросельної заслінки або висування рейки (ступеня натискання на педаль акстелератора) натискання на педаль гальма). Траєкторія руху АТЗ визначається залежно від кутової швидкості повороту рульового колеса, за допомогою рівнянь криволінійного руху АТЗ як постійного, так і змінного радіуса.

Взаємодії як віртуального АТЗ з іншими підсистемами (віртуальними автомобілями у ТП), так і між будь-якою парою підсистем мають бути адекватними, а саме

істанції між наступними один за одним автомобілями повинні бути обґрунтованими і повинні адекватно змінюватися залежно від зміни факторів, що впливають (наприклад, від зміни швидкості руху лідера);

ачкоподібна структура транспортних потоків має відповідати структурі реальних ТП на всьому діапазоні інтенсивності руху.

Крім того, модель повинна генерувати пішохідні потоки за заданої інтенсивності в місцях пішохідних переходів, і кожна підсистема водій-автомобіль відповідним чином повинна реагувати на появу пішоходів на пробіжній частині.

Повинно бути передбачено як накопичення та виведення статистичної інформації за час роботи моделі (час моделювання, кількість пройдених автомобілів у кожному напрямку, кількість обгонів у кожному напрямку тощо), так і виведення миттєвої інформації про параметри руху кожної підсистеми (наприклад, лінійні та кутові координати руху кожного автомобіля, значення швидкості, прискорення, кутової швидкості повороту керованих коліс тощо).

Така деталізація необхідна визначення характеристик виникаючих КС.

Математична модель системи ВАДС загалом та її окремих елементів у вигляді підсистем «автомобіль-водій» системи ВАДС зокрема, у тому числі й підсистеми «ІВ - водій» є фундаментом для створення віртуального дорожнього середовища, в якому рухатиметься створюваний ДС на базі АТЗ. Саме математична модель зумовлює точність обліку характеристик транспортного процесу та кількісних зв'язків між ними, а також ступінь адекватності віртуального дорожнього середовища, що сприймається реальним водієм, що сидить за кермом ДС.

Загальний принцип роботи пропонованої математичної моделі відповідає теорії імітаційного моделювання ТП. Для моделювання складної системи ВАДС використовується схема кусково-безперервного агрегату

(КБА), що з математичної точки зору представляє собою умовний марківський процес зі кусково-безперервними траєкторіями в просторі змінної розмірності.

Нижче наведено список різких (стрибоподібних) змін ОС - «особливі стани системи» (ситуації), при настанні яких різні КБА (які зазвичай описують рух попутних і зустрічних АТЗ сусідніми смугами) взаємодіють один з одним:

зони видимості з'явився автомобіль на стрічній смузі

устрічний роз'їзд.

північнювання координат АТЗ у попутному напрямку руху.

об'їзд.

вмикнення сигналу лівого повороту.

вмикнення сигналу правого повороту.

відстань видимості збільшилася настільки, що, на думку водія, стала достатньою для безпечного обгону.

переміщення на сусідню ліву смугу руху.

переміщення на сусідню праву смугу руху.

перед автомобілем з'явився зустрічний автомобіль на смузі руху.

устрічка повернулася на свою смугу руху.

на початку лінії руху з'явився новий автомобіль.

модель віртуального руху АТЗ при взаємодії з іншими учасниками дорожнього руху за умов виникнення конфліктних ситуацій

Кожна ділянка перегону розбивається на смуги руху. Кожна смуга руху - на кілька елементарних ділянок, які відрізняються одна від одної геометричними параметрами та/або засобами організації руху. Таким чином, дорога розбивається на безліч елементарних ділянок і задається у вигляді тривимірного вектора $P1p$, де 1 - номер смуги руху, p - номер параметра (p = 122); y - номер елементарної ділянки. Значення вектора наведені у [96].

Багато моментів часу T агрегату задається двомірним вектором 1^{\wedge} , де I - номер автомобіля; y - номер ситуації (особливого стану системи), при настанні якої стан агрегату стрибоподібно змінюється. Розмірність вектора T істотно впливає швидкість проведення імітаційного експерименту. У моделі

передбачено одночасну присутність у системі 1500 автомобілів та 15 ситуацій, при яких автомобілі взаємодіють (під дистанціями розуміється відстань від переднього бампера веденого автомобіля до заднього бампера автомобіля-лідера (АЛ):

автомобіль наздогнав лідера, наблизившись до нього дистанцію впливу; відстань до АЛ стала рівною дистанції прямування;

відстань до АЛ стала рівною максимальній дистанції прямування; відстань до АЛ стала рівною мінімальній дистанції прямування;

АЛ змінилося прискорення;

а реакції водія на ситуацію 5 або 9 закінчився;

зупинка автомобіля;

початок руху автомобіля, що стоїть;

вімикнення або вимикання стоп-сигналів;

а початку лінії руху з'явився новий автомобіль;

видкість руху автомобіля досягла значення базової швидкості на даній ділянці;

видкість руху автомобіля досягла значення обмеження швидкості на даній ділянці;

початок уповільнення автомобіля до зупинки;

вімикнення сигналу лівого повороту;

вімикнення сигналу правого повороту.

Моделююча система ВАДС стосовно ДС включає як підсистему «ДС - водій» з реальним водієм, і безліч віртуальних підсистем «автомобіль - водій»

з віртуальними («штучними») водіями. Між зазначеними підсистемами існує

низка принципових відмінностей, які слід враховувати у процесі моделювання

реалізації успішного взаємодії з-поміж них по ходу всього віртуального

транспортного процесу (таблиця 2.3).

Моделювання руху автомобіля в умовах взаємодії з іншими автомобілями

здійснюється на основі таких припущень:

ігра впливу на органи управління ДС, а також думка водія про ДТЗ змінюється

лише при настанні «особливих станів» системи ВАДС.

Вся ділянка дороги (маршрут), що розглядається, розбивається на елементарні ділянки, на кожному з яких всі характеристики дороги однозначно визначені. На кожному елементарному ділянці дороги водій прагне підтримувати оптимальну з погляду (базову) швидкість руху. Базова швидкість руху залежить від безлічі факторів: мети та дальності поїздки, виду та/або кількості вантажу, що перевозиться, кількості пасажирів, стану здоров'я та ступеня втоми водія та ін. Базова швидкість в моделі задається випадковим законом розподілу, отриманим в результаті натурних спостережень.

Таблиця 2.3

Відмінності між підсистемами «ВВ реальний водій» та «автомобіль – віртуальний водій»

Віртуальний водій	Реальний водій
1. Дистанція прямування	
Визначається генератором випадкових чисел за заданим законом розподілу, отриманого в результаті натурних спостережень в ідентичних ДУ за рухом АТЗ цього типу. Змодельовано три типи п	Сам обирає режим руху свого автомобіля та дотримується дистанції за лідером у конкретних дорожніх умовах (ДК).
Час реакції водія	
Визначається конкретною реалізацією генератором випадкових чисел отриманого в результаті натурних спостережень закону розподілу часу реакції.	Реагує на створену у віртуальному середовищі ДТП залежно від його індивідуальних особливостей, стану здоров'я та ступеня втоми.
3. Альтернативні керуючі дії для запобігання ДТП	
Елементи штучного інтелекту дозволяють безпомилково вибрати оптимальне з погляду запобігання зіткнення серед кількох можливих альтернативних управляючих процесів, тобто. значення ступеня небезпеки КС буде мінімальним.	Може припуститися помилки (часто через дефіцит часу на прийняття рішення): або виконує не найефективніші керуючі впливи, або недостатньо інтенсивно або надмірно застосовує відповідний керуючий вплив.
Дотримання правил дорожнього руху	

Продовження таблиці 2.3

Частка водіїв, що порушують правил дорожнього руху, задалегідь задається у вихідних даних моделі на основі натурних спостережень.	Щоразу своїми діями сам визначає значення Д, до, відповідно порушує чи ні ПДР.
Розподіл ТП смугами руху	
відповідає результатам натурних спостережень, тобто. перерозподіл здійснюється штучно.	Сам вирішує, якою смугою рухатися, виходячи з індивідуальних переваг.

якщо базова швидкість руху АТЗ на наступному елементарному ділянці дороги відрізняється від швидкості на поточній ділянці, то водій задалегідь змінює

швидкість руху таким чином, щоб на момент в'їзду на нову ділянку швидкість руху досягла величини базової швидкості на новій ділянці.

Водій може через органи управління впливати на параметри руху такими способами: збільшити швидкість руху та/або прискорення натисканням на

педаль акселератора; зменшити швидкість руху натисканням на педаль гальма;

змінити напрямок руху АТЗ обертанням кермового колеса ліворуч або праворуч; перемикачем змінити передатне число коробки змін передач (КЗП);

увімкнути стоп-сигнали натисканням на педаль гальма, а також сигнал лівого або правого повороту, що може спричинити зміну режиму руху інших

автомобілів.

Будь-який автомобіль може впливати на режим руху або на думку водія іншого автомобіля про ДТЗ тільки в тому випадку, якщо він знаходиться в зоні

видимості цього автомобіля, і знаходиться від нього на відстані, що не перевищує дистанцію впливу;

режим руху будь-якого автомобіля (або думка водія про ДТЗ) змінюється лише при настанні одного з «особливих станів»;

зміна деяких параметрів руху автомобіля відбувається стрибкоподібно, у певні моменти часу:

зміна прискорення автомобіля;

зміна кутової швидкості повороту керованих коліс;

зміна передавального числа КЗП;

вимкнення (вимкнення) сигналу правого або лівого повороту;
ключення (вимкнення) стоп-сигналів;
міна думки водія про ДТП (вибір тієї чи іншої альтернативи дій, що
управляють);

міна порядкового номера автомобіля у пачці;

міна індексу стану автомобіля (обганяє, обганяється, звичайний);

міна індексу прямування за лідером.

На даному етапі розглядаються ті взаємодії між АТЗ та реакції на них,
які мають місце у процесі їхнього попутного руху по ділянці перегону з
довільною кількістю смуг руху. Перелік КС, що виникають у попутному
напрямку руху перед ІС під впливом автомобілів, що йдуть попереду, і
нерухомих перешкод на проїжджій частині дороги:

КС-1: Наїзд на пішохода.

КС-2: Конфлікт з АТЗ (АЛ), що попутно рухається.

КС-3: Наїзд на АТЗ, що стоїть на проїжджій частині.

КС-4: Наїзд на нерухому перешкоду.

Розглянемо основні засади моделювання КС з прикладу КС «наїзд на
пішохода» у вільних дорожніх умовах. Варіанти виникнення КС на типовому
нерегульованому пішохідному переході двосмугової прямолінійної ділянки
дороги показано на рисунку 2.15.

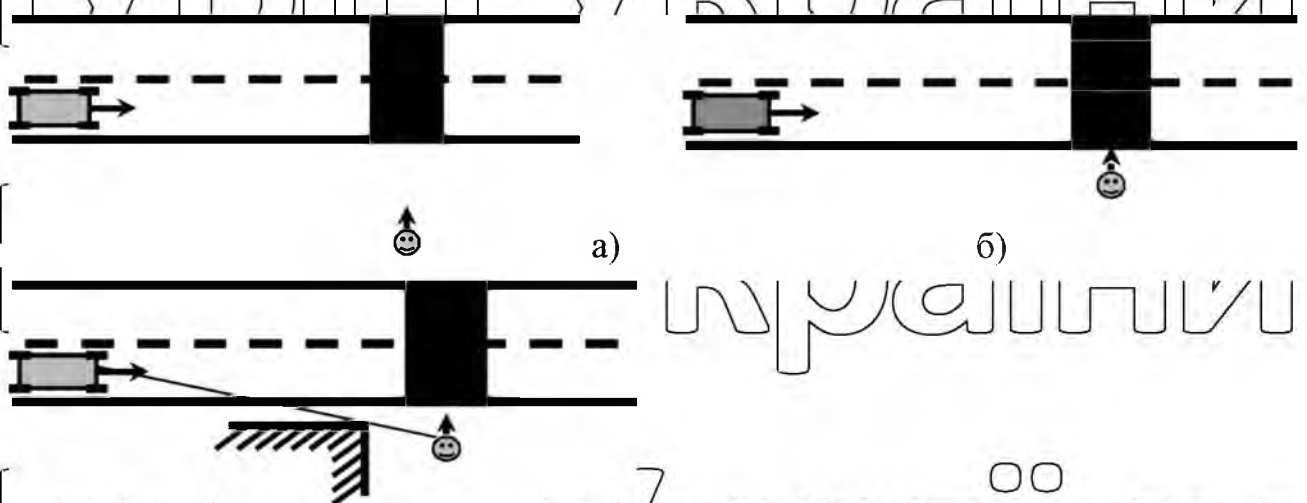


Рис. 2.15 Виникнення КС «наїзд на пішохода»:

а) у полі зору водія потрапив пішохід, що прямує до пішохідного переходу для переходу вулиці, і водій усвідомив це; б) пішохід, що стоїть на тротуарі (узбіччі), почав рух до проїжджої частини для того, щоб переходити вулицю;

в) через перешкоду, яка перебуває в безпосередній близькості до дороги і обмежує бічну видимість водія, з'явився пішохід, що рухається у напрямку проїжджої частини.

Час виявлення залежить від таких суб'єктивних чинників, як втома водія, неувважність тощо.

Складність полягає в тому, що реальний водій, що сидить за кермом ВВ, цей проміжок часу фактично визначає сам своїми діями, тому виникає необхідність передачі моменту виникнення КС блок моделювання КС у вигляді вхідного сигналу. Можливо кілька варіантів реалізації цього сигналу:

момент появи в зоні видимості водія (на екрані ІВ) пішохода, що рухається до переходу;

початок зміни режиму руху АТЗ як реакція водія на КС;

натискання водієм спеціальної кнопки реєстрації КС.

Слід зазначити, що не події а), б) чи в) означають виникнення КС.

При русі пішохідному переході динамічні коридори АТЗ і пішохода перетинаються, у результаті утворюється геометрична фігура МКУР (Рис. 2.16) - зона конфлікту. Під зоною конфлікту розуміється область проїжджої частини дороги у вигляді геометричної фігури, яка складається з безлічі всіх точок, де можливе перетинання траєкторій руху будь-якої пари точок, відповідно, автомобіля та пішохода.

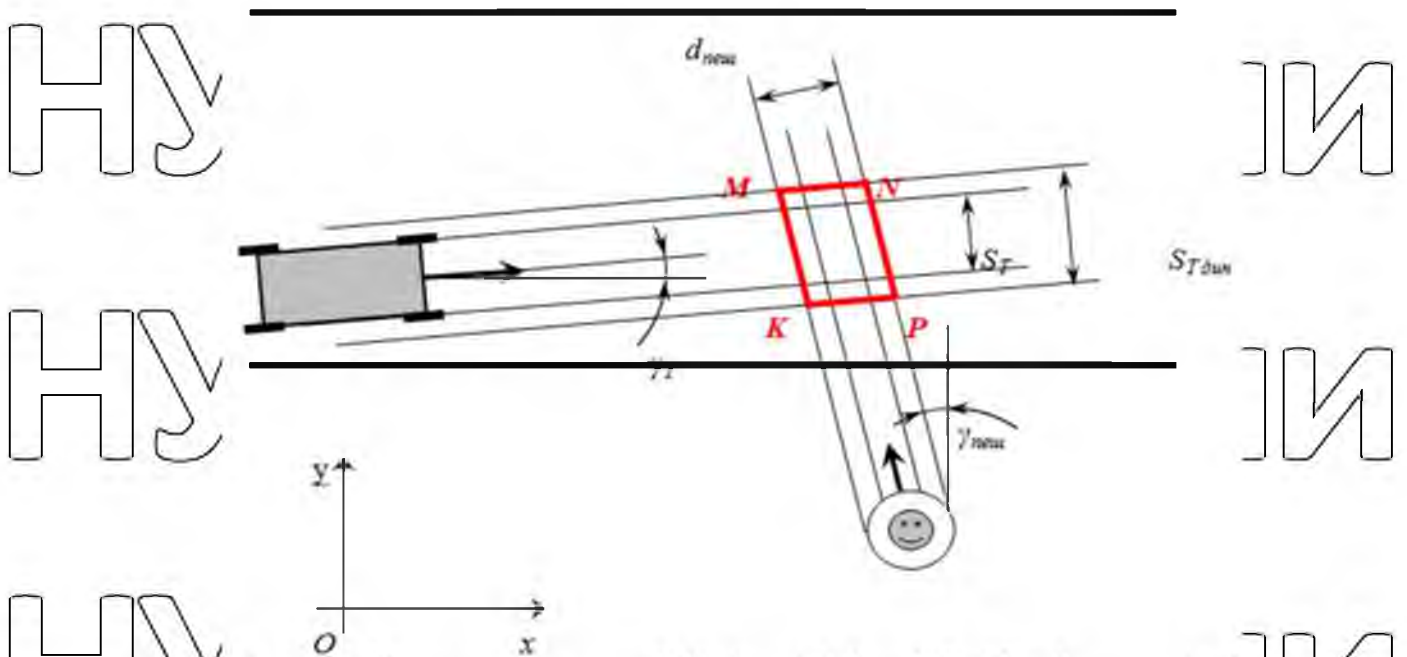


Рис. 2.16 Визначення зони конфлікту КС

Узагальнена блок-схема моделі, представлена на рисунку 2.17, дозволяє визначити всі цікаві показники КС, що виникла.

Оскільки КС-2 є найбільш загальним випадком серед КС-2... КС-4 алгоритми визначення ступеня небезпеки та інших характеристик КС розглянуті на її прикладі. КС виникає при наступі однієї з наступних подій.

а) АЛ змінив режим руху (наприклад, загальмував). Водій керованого автомобіля ідентифікує цю подію у двох випадках:

- кличення стоп-сигналів у АЛ;
- візуальне визначення зміни режиму руху АЛ

б) в зоні видимості водія ДС з'явився АЛ (при виникненні КС-3 і КС-4, відповідно, автомобіль, що стоїть попереду, і нерухома перешкода). Причиною цієї події можуть бути:

- погодні умови (сильний туман, снігопад);
- темний час доби;

різке обмеження видимості проїжджої частини дороги (малі радіуси кривої поздовжньої осі в плані та в поздовжньому профілі).

Нехай у певний момент часу АЛ загальмував (Рис. 2.18а). За час реакції водія автомобіль проходить відрізок шляху S_1 . Час реакції залежить від способу

передачі інформації та інтенсивності гальмування АЛ. Після цього водій робить активні дії щодо запобігання зіткненню (Рис. 2.18б). Однак, ще протягом часу спрацьовування гальмівного механізму абс рульового управління 1ср автомобіль рухається в колишньому режимі і проходить шлях

Друга умова виникнення КС перевіряється в момент настання ситуації б взаємодії автомобілів, після закінчення часу $t_{0\text{в}} + t_{0\text{р}}$ коли автомобіль, що проїхав шлях $S_1 + S_2$, починає змінювати режим руху (Рис. 2.18в), і вважається виконаним у тому випадку, якщо продовження руху в колишньому режимі обома автомобілями призводить до зіткнення (Рис. 2.18г). І тут визначається ступінь небезпеки КС

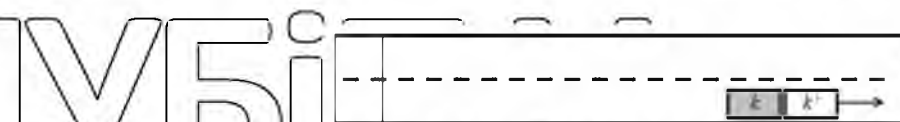
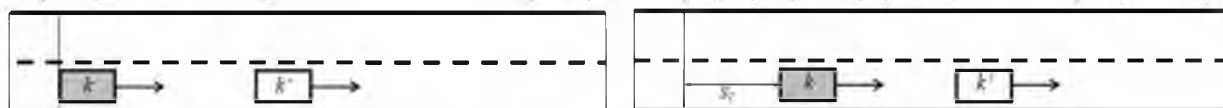


Рис. 2.18 -КС між автомобілями, що попутно рухаються, що виникає внаслідок зміни режиму руху АЛ

У момент настання КС водій аналізує ДТЗ та оцінює можливості запобігання зіткненню. Поряд із найбільш поширеним способом запобігання попутному зіткненню - гальмуванням - водій веденого автомобіля в загальному випадку має можливість робити також інші маневри з метою запобігання зіткненню: об'їзд ліворуч, об'їзд праворуч, обгін.

розробка сценаріїв віртуального руху АТЗ, що призводять до надзвичайних ситуацій.

Грамотно сформувати сценарії КС, які можуть призвести до НС на транспорті з різною величиною шкоди, що завдається, можна на підставі ідентифікації небезпек, що виникають в результаті:

ДТТ, обумовлених станом транспорту (зношеність, аварійність, недосконалість), порушенням правил експлуатації, у тому числі нормативних

вимог дорожньої, екологічної, виробничої безпеки при перевезеннях пасажирів, вантажів, насамперед небезпечних, а також природними факторами;

ми, що створюють аварійну обстановку і тягнуть за собою матеріальні втрати та людські жертви;

терористичних та диверсійних актів (викрадення або захоплення рухомого складу, вибухи на об'єктах транспортної інфраструктури, у тому числі з використанням АТЗ);

інших випадків незаконного втручання у функціонування транспорту (порушення пристроїв та систем керування рухом, об'єктів інженерного облаштування доріг, мостів, тунелів, телефонний «тероризм», протиправне блокування автомагістралей), що загрожують життю та здоров'ю людей, які несуть пряму шкоду транспортній сфері та породжують у суспільстві негативні соціально-політичні, економічні, психологічні наслідки;

кримінальні дії проти пасажирів, вантажів.

Найбільш значущим видом небезпек на автомобільному транспорті, що призводить до техногенних аварій і катастроф, є великі ДТП (кількість загиблих в одній ДТП 5 і більше осіб або 10 і більше постраждалих), абсолютна більшість яких відбувається внаслідок ненавмисних або навмисних дій водіїв, інших учасників руху, населення.

Транспортна інфраструктура, на відміну від інших критично важливих об'єктів держави, є найбільш уразливою, перш за все, з боку терористичних загроз через:

великий прогяжності транспортних магістралей та його розподіленості територією країни;

наявності великої різноманітності потенційно небезпечних об'єктів (мости, тунелі, розв'язки, протилавинні галереї, дороги на дамбах, склади пально-мастильних матеріалів, автозаправні станції, засоби керування рухом, автовокзали, різні види ТЗ);

ідкритості та доступності для великої кількості людей незалежно від їхнього

рівня добробуту, соціального статусу, обслуговування великого потоку пасажирів та вантажів, у тому числі небезпечних;

- Наявності різних форм власності об'єктів інфраструктури та великої кількості власників ТЗ.

Причому різні регіони нашої країни, як імовірно скоєння великих ДТП, так і терористичних актів (ризиків потенційних загроз) відрізняються один від одного на порядки, незважаючи на наявність значної чисельності парку АТЗ, небезпечних об'єктів транспортної інфраструктури. Ця обставина також має враховуватись при формуванні сценаріїв розвитку КС у НС.

Проблема формування правдоподібного сценарію виникнення НС полягає в тому, що, незважаючи на наявність чіткого логічного зв'язку між джерелом потенційної небезпеки, об'єктом та загрозами цьому об'єкту, встановити конкретний список та послідовність виникнення загроз для конкретного об'єкта інфраструктури або ТЗ не є можливим через неповноту знань про можливості та характер дій водія як потенційного джерела небезпеки. Незважаючи на це, на підставі аналізу статистики дорожньої аварійності вивчення поведінки водіїв при виникненні конфліктних, аварійних ситуацій можна сформуванати кілька типових сценаріїв виникнення конфліктних та аварійних ситуацій на ВДМ, які потім реалізуються у віртуальному середовищі ВС для оцінки надійності водіїв.

Програмне забезпечення комп'ютерного моделювання конфліктних ситуацій

Програмне розв'язання задачі моделювання розглядається на прикладі КС «наїзд на пішохода». Реалізацію моделювання КС можна розділити на два етапи: планування та симуляція КС.

1 Планування КС. Як вхідні дані імітаційна модель приймає безліч параметрів, з яких можна виділити положення ТЗ, його швидкість і вектор напрямку руху, положення пішохода, вектор його напрямку руху та його швидкість. Параметри ТЗ можуть бути отримані в режимі виконання заїзду, а

параметри пішохода задаються раніше, у «конструкторі світу» в режимі планування КС (рис. 2.22).

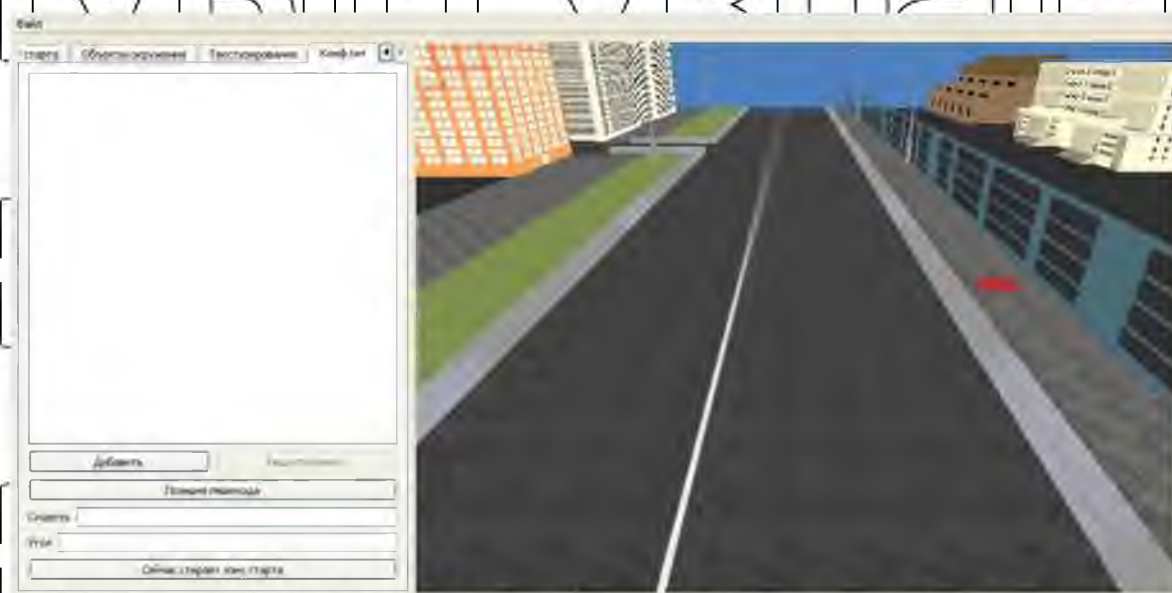


Рис. 2.22 – Вікно планування КС

Доступні наступні інструменти: встановлення в глобальних координатах положення пішохода, його швидкості та вектора напрямку руху (задається значенням кута щодо негативного напрямку осі Z , на рисунку – це напрямок дороги), встановлення маркера старту КС (рис. 2.23). У лівій частині вікна розташований функціональний блок, який містить перелік спланованих КС.

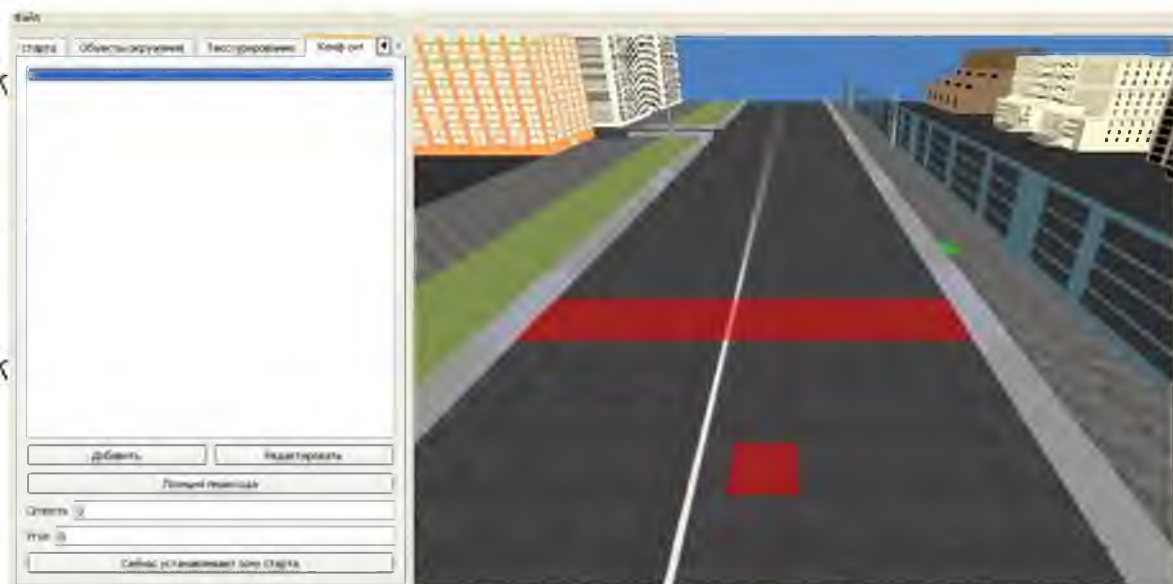


Рис. 2.23 Встановлення маркера старту КС

2 Симуляція КС. У програму візуалізації КС завантажуються дані про зазналегідь енкадровані КС у модулі «конструктор світу»: інформація про

координати маркерів старту, положення пішохода, його швидкість та орієнтацію у просторі.

У момент відтворення кадру відбувається перевірка перетину віртуальним автобусом одного з маркерів старту КС. При перетині завантажуються параметри поточної КС і виставляється глобальний прапор початку симуляції КС. Цей прапор також запускає процес відтворення моделі пішохода.

Як тільки був виставлений прапор початку КС, проводиться накопичення інформації про поточне положення АТЗ, смугу його руху, поточну передачу, загальний час виконання, поточну швидкість, прискорення, положення та орієнтацію пішохода. Ці дані завантажуються як вхідні математичну модель КС.

Після завершення розрахунку здійснюється збереження результату в локальну змінну, яка потім буде виведена на екран (Рис. 2.24). Також результати моделювання зберігаються у базі даних результатів для подальшої обробки.

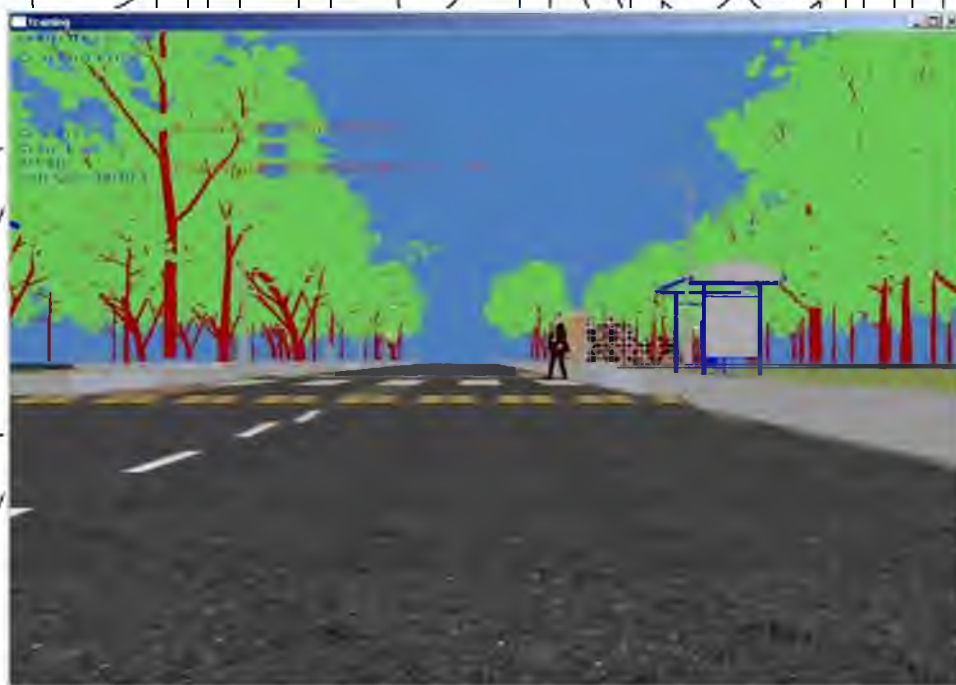


Рис. 2.24 Виведення результатів моделювання КС

Програма візуалізації дорожнього оточення

Система візуалізації ІВ передбачає відображення дорожнього оточення засобами комп'ютерної графіки в реальному часі з високою частотою кадрів (не менше 60 fps). Важливим параметром тривимірної моделі простору пересування є ступінь деталізації (ступінь опрацювання землі та наземних об'єктів). Вона обумовлена низкою факторів, серед яких продуктивність конкретної обчислювальної системи, особливості програми візуалізації, що використовується, а також спосіб створення тривимірної моделі простору.

Порівняння статичного та динамічного підходів до створення тривимірної моделі простору представлено у таблиці 2.5.

У цьому роботі використаний динамічний підхід, що дозволяє створити високий рівень деталізації під час роботи з великими регіонами пересування.

За такого підходу можливе гнучке нарощування обчислювальної потужності системи візуалізації залежно від конкретних завдань.

Таблиця 2.4
Порівняння способів створення тривимірної моделі простору

	Статичний підхід	Динамічний підхід
Принцип створення простору	Створюється повністю на початок процесу візуалізації; готуються та зберігаються всі необхідні для візуалізації дані: геометрія елементів сцени, текстурні координати тощо.	Заздалегідь готується лише невелика частина даних, а остаточне високо деталізоване уявлення сцени створюється в реальному часі при візуалізації тієї частини сцени, яку видно в кадрі.
Переваги	Простіший і найпоширеніший спосіб	Немає обмеження за ступенем деталізації та розмірами модельованого простору, оскільки генеруються лише дані, необхідні для поточної сцени
Недоліки	Обмеження за ступенем деталізації та розмірами модельованого регіону пересування, оскільки ці параметри пропорційні обсягу підготовлених даних та часу генерації сцени	Збільшення навантаження на обчислювальну систему під час процесу візуалізації, що потребує використання мультипроцесорної обчислювальної системи з рознесенням завдань підготовки даних та візуалізації на різні обчислювачі

оделі 3-го рівня. Методика оцінки ризиків здоров'ю та майну у разі розвитку конфліктних ситуацій у надзвичайні

Потенційну небезпеку на маршруті становлять аварії з транспортними засобами, що перевозять небезпечні вантажі. Типовими сценаріями можливих аварій є такі:

викид легкозаймистої рідини (ЛЗР) (бензину) при розгерметизації ємності, що перевозиться АТЗ;

викид сильнодіючої отруйної речовини (СДОР) при розгерметизації ємності, що перевозиться АТЗ.

Блок-схема методики, що дозволяє визначити розмір зон ураження та підвищених концентрацій, оцінити ймовірність руйнування будівель та споруд, а також загибель та заподіяння шкоди здоров'ю людей у разі розвитку КС у НС при зіткненні АТЗ з бензовозом, автопоїздом, що перевозить небезпечний вантаж, наведено на рисунку 2.26.

Одним з перспективних методів аналізу безпеки та надійності систем є метод «дерева подій», який дозволяє отримати та інтерпретувати якісні та кількісні результати в залежності від цілей аналізу, наприклад, перевірку досягнення необхідного рівня безпеки всієї системи.

Отриманий при побудові «дерева» графічний матеріал може бути використаний неодноразово як схема для визначення можливої небажаної події. При дослідженні «дерева подій» можна виявити події, які не визначаються звичайним шляхом.

Для аварії за участю ТЗ, що перевозять небезпечні вантажі, визначено послідовність подій та побудовано «дерева подій».

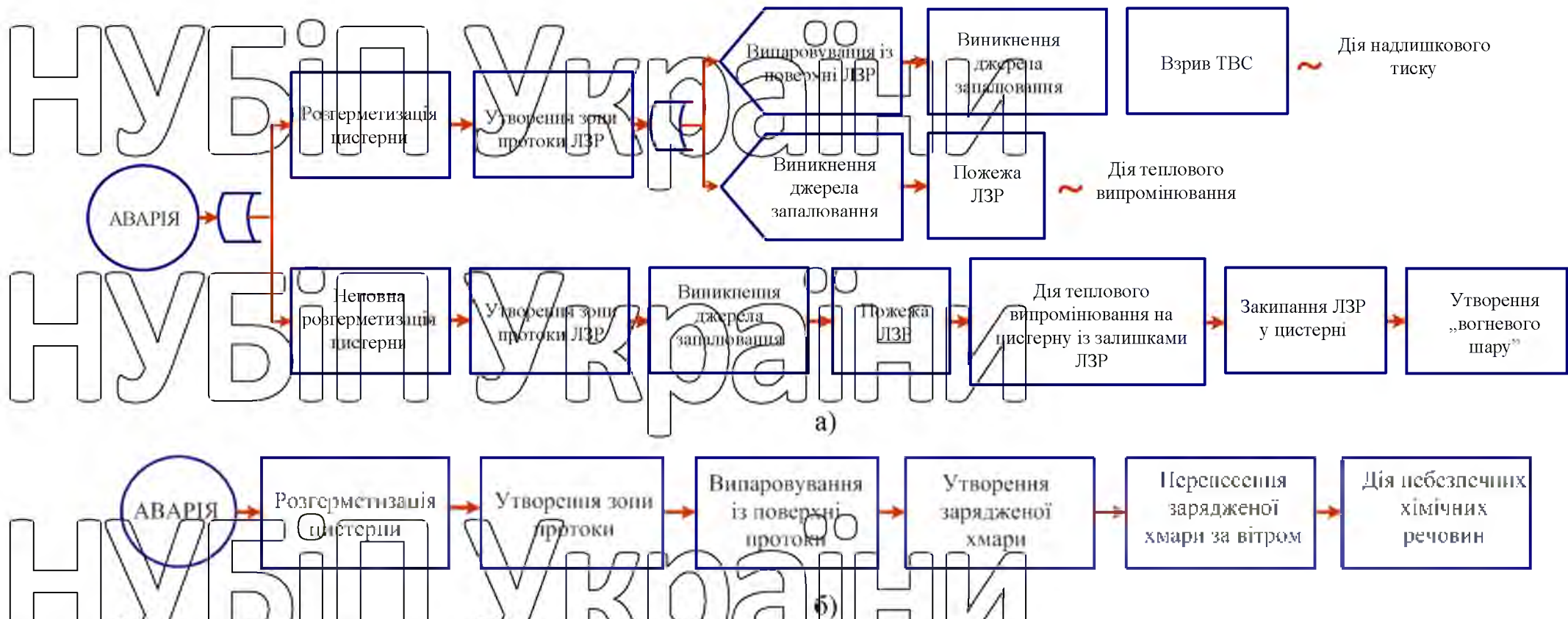


Рис. 2.23 «Дерево подій» при аварії:
а) бензовоз; б) цистерни із аміаком.

сценарій «викид легкозаймистої рідини при розгерметизації ємності, що перевозиться автотранспортом»

При розгерметизації цистерни з бензином можливе: утворення зони розливу (наступна зона пожежі); утворення зони вибухонебезпечних концентрацій з наступним вибухом паливно-повітряна суміш (ППС) (зона миттєвого ураження від пожежі-спалаху)

Методика [9] дозволяє провести наближену оцінку різних параметрів повітряної ударної хвилі та визначити ймовірні ступені ураження людей та пошкоджень будівель при аварії з вибухом ППС. Алгоритм розрахунку наслідків аварійних вибухів ППС показаний рисунку 2.28. Наведена в [32] методика дозволяє оцінити розрахунковим чи експериментальним шляхом: інтенсивність теплового випромінювання при пожежах проток ЛЗР та горючих рідин (ГР) для зіставлення з критичними (гранично допустимими) значеннями інтенсивності теплового потоку для людини та конструкційних матеріалів; ожливість виникнення та вражаюча дія «вогняної кулі» при аварії для розрахунку радіусів зон ураження людей від теплового впливу залежно від виду та маси палива.

Інтенсивність теплового випромінювання при пожежах та для «вогняної кулі» q кВт/м², розраховується за формулою:

де E_f - Середньповерхнева щільність теплового випромінювання полум'я, кВт/м²; F_q - кутовий коефіцієнт опроміненості; τ - коефіцієнт пропускання атмосфери.

исновки у розділі

Розроблено багаторівневу ієрархічну структуру імітаційних моделей, яка дозволить моделювати на ДС в умовах віртуальної реальності рух міського АТЗ за маршрутом.

У математичних моделях 1-го рівня реалізовано курсовий рух АТЗ за впливом дорожніх нерівностей доріг реального профілю, звичайне та екстремальне гальмування. Моделі цього рівня забезпечують динаміку поведінки віртуального АТЗ, наближену до реальної.

В імітаційних моделях 2-го рівня розроблено віртуальний рух АТЗ, що імітується на ДС, за заданим маршрутом в умовах взаємодії з іншими учасниками ДР у разі виникнення КС. Розроблено сценарії КС у ВДМ, які можуть призвести до НС.

У моделях 3-го рівня адаптовані розрахункові методики, які дозволяють провести оцінку ризиків здоров'ю та майну у разі розвитку КС у НС під час зіткнення АТЗ з бензовозом, з ТЗ, що перевозить небезпечний вантаж.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА РОЗРАХУНОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ВОДІЯ

3.1 Попереднє тестування професійно важливих якостей водіїв

Для виявлення психофізіологічних особливостей, властивих кожному конкретному водію, що дозволяють спрогнозувати його поведінку в КС, проводилося тестування а саме:

- точності та швидкості реагування водія в мінливій обстановці; видкості та точності виконання найважливіших дій водія при керуванні автобусом без втрати контролю над іншими значущими аспектами дорожньої ситуації (маніпулювання органами керування, спілкування з пасажирами та ін.);

ожливості водія не відволікатися на перешкоди під час ДР; датності водія зберігати на достатньому рівні готовність до екстреного реагування при тривалому безперервному русі трасою, особливо в нічний час доби;

хильність водія до ризику та вчинення ризикованих вчинків під час ДР; датності водія візуально оцінювати габарити предметів та відстані до них під час руху трасою.

Тестування запускалося на ПК, вибір варіантів відповідей та управління тестовими завданнями проводилося зі спеціального підключеного до ПК пульта випробуваного. При проходженні тестування випробуваному потрібно було точно виконувати інструкцію. Кожне завдання передувалося докладним викладом необхідні його проходження дій і пробним завданням, після успішного виконання якого випробуваний мп переходити до проходження основного завдання. Середній час проходження тестування становив близько 1,5 год. За результатами тестування склався висновок про рівень професійно-важливих якостей (ПВЯ) випробуваного, давалися рекомендації щодо їх підвищення.

прилади для випробувань

Для визначення психофізіологічних показників водія під час роботи на маршруті використовувалися експериментальний прилад для вимірювання електродермального опору (запис частоти шкірно-гальванічна рідина ШГР).

Обладнання не заважало роботі водія та не створювало додаткових незручностей. Отримані з датчиків показання оброблялися та відображалися на екрані ноутбука безпосередньо в процесі вимірювань.

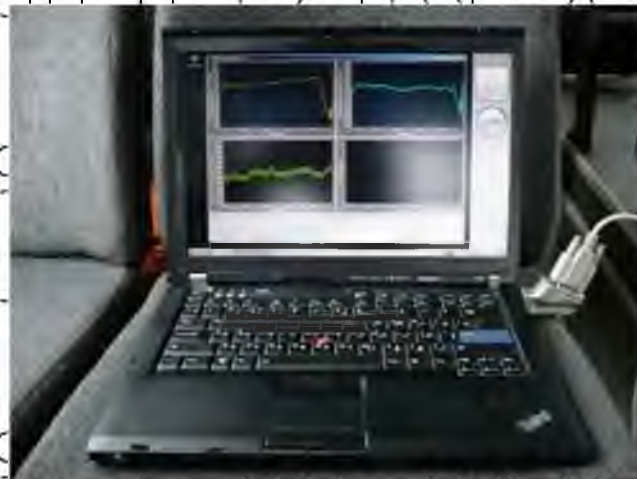


Рис. 3.1. Візуалізація даних, що записуються в реальному часі

Експериментальний прилад для вимірювання електродермального опору виконаний прямокутному корпусі, в якому розташована електронна плата обробки одержуваних сигналів і передачі їх в ПК. На корпусі розташовані 2 роз'єми RS232, перший – для підключення до ПК через перехідник RS232-підключення шнура живлення. Живлення пристрою здійснюється через прикурювач від бортової мережі ТЗ. Технічні характеристики приладу наведено у таблиці 3.1. Реєстрація ШГР складає підставі методики Фере. Теоретичним обґрунтуванням даного методу є уявлення про домінуючу роль електролітів шкіри у формуванні електродермального опору. Оцінка основних параметрів ШГР дозволяє досліджувати психофізіологічні та стрес-адаптивні реакції, що відображають зміни гомеостазу організму. Для отримання інформації про електродермальний опір на спеціальні металеві електроди, що розміщуються на долонній поверхні третіх фаланг вказівного та безіменного

пальців лівої руки, відповідно до методичних вимог про мінімізацію впливів на власні іонні процеси в електролітах шкіри (згідно з гігієнічними нормами), подаються імпульс. 10мкА напругою трохи більше 1В.

Таблиця 3.1

Основні технічні характеристики експериментального приладу для вимірювання електродермального опору

Параметр	Одиниці виміру	діапазон вимірів
Діапазон вимірювань	кому	10 – 1000
Межі основної абсолютної похибки вимірювань при температурі повітря в зоні вимірювання (22±3)°С	Ом	
Частота реєстрованих сигналів	Гц	
Струм, що споживається приладом від джерела живлення	мкА	
Маса приладу, не більше	кг	
Габаритні розміри приладу	мм	140x80x40
Експлуатаційні параметри		
Температура оточуючого повітря: нормальні робочі умови, обочий діапазон температур	°С	
Відносна вологість повітря при робочому діапазоні температур		
Атмосферний тиск	кПа	

Для отримання коректних показань ШГР на робочому місці водія АТЗ має підтримуватися температура повітря 19.25 °С, при виході за межі даного діапазону температур підвищена вологість (сущість) шкіри не дозволить зафіксувати електродермальний опір. Контроль мікрокліматичних параметрів на РМВ (температури та відносної вологості повітря) у процесі руху здійснювався за допомогою термогігрометра «ТКА-ПКМ», призначеного для санітарного та технічного нагляду в житлових та виробничих приміщеннях, агестації робочих місць та ін. Технічні характеристики термогігрометра представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Основні технічні характеристики термогігрометра «ТКА-ПКМ»

Параметр	Одиниця виміру	діапазон вимірів
Діапазони вимірів: - Відносна вологість,		

- температури повітря	°C	
Межі основної абсолютної похибки вимірювань при температурі повітря в зоні вимірювання (20±5) °C:		
- Відносна вологість, - температури повітря	°C	
Струм, що споживається приладом від джерела живлення, не більше	мА	
Час безперервної роботи приладу, щонайменше	год	
Маса приладу, не більше	кг	
Габаритні розміри приладу, не більше - блок обробки сигналів,	мм	
- Вимірювальна головка	мм	
Експлуатаційні параметри Температура навколишнього повітря:	°C	
- нормальні робочі умови,		
- Робочий діапазон температур	°C	
Температура повітря у зоні виміру	°C	
Відносна вологість повітря при температурі навколишнього повітря 25 °C, не більше		
Атмосферний тиск	кПа	

Пульсометр «Garmin» являє собою еластичний пояс з бездротовим датчиком, який надягає на груди випробуваного і передає дані в цифровому вигляді по радіоканалу в GPS-навігатор, виконаний у формі наручного годинника. Зовнішній вигляд пульсометра та GPS-навігатора показано на рисунку 3.3, а основні технічні характеристики наведено у таблиці 3.3.



Рис. 3.3 Пульсометр з GPS-навігатором «Garmin»

Таблиця 3.3
Основні технічні характеристики пульсометра та GPS-навігатора «Garmin»

Параметр	Одиниці виміру	діапазон вимірів
Діапазон вимірювань	Гц	
Межі основної абсолютної похибки вимірювань при температурі повітря в зоні вимірювання (20±10)°C	Гц	
Частота ресстрованих сигналів	Гц	

Н	Струм, що споживається приладом від джерела живлення	мкА	
	ульсометр -навігатор		
Н	Час безперервної роботи приладу, щонайменше	год	
	ульсометр -навігатор		
Н	Маса приладу, не більше	кг	
	ульсометр -навігатор		
Н	Габаритні розміри приладу	мм	348x35, 6x12, 7 533x178x6
	ульсометр -навігатор		
Н	Експлуатаційні параметри		
	Температура оточуючого повітря:	°С	
	нормальні робочі умови, обочий діапазон температур		
	Відносна вологість повітря при робочому діапазоні температур		
	Атмосферний тиск	кПа	

Датчики пульсу розташовуються на внутрішній стороні пояса і щільно прилягають до ребер випробуваного. Для стабільності роботи (поліпшення контакту зі шкірою) рекомендується змочувати датчики пульсу невеликою кількістю води. Живлення пульсометра здійснюється від батарейки. Пояс включається автоматично при ініціалізації з меню GPS-навігатора та автоматично вимикається при знятті з тіла.

Підключення GPS-навігатора до ПК здійснюється за допомогою док-станції через USB-порт, яка також служить для заряджання акумуляторів пристрою.

Методика випробувань на дослідницькому стенді

Можна змодельовати такий сценарій:
 рух заданою ділянкою маршруту (рис. 3.2) міського АТЗ з імітацією реального дорожнього оточення (розмітка, геометричні характеристики дороги, перетину, дорожні знаки тощо) без перешкод руху з боку пішоходів та інших транспортних засобів з максимальною дозволеною швидкістю руху (до 60 км/год);
 сценарій 1, доповнений виникненням перешкод руху у вигляді пішоходів, що

несподівано з'являються на дорозі перед АТЗ (у п'яти точках маршруту, показаних на рисунку 3.2); для кожної появи пішохода оцінюється відсутність чи наявність конфлікту та розраховується ступінь небезпеки КС (якщо він є), сценарій 1, доповнений виникненням перешкод руху у вигляді припаркованого на узбіччі поблизу автозаправної станції бензовоза і виїжджає через поворот автопоїзда, що перевозить небезпечний вантаж;

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

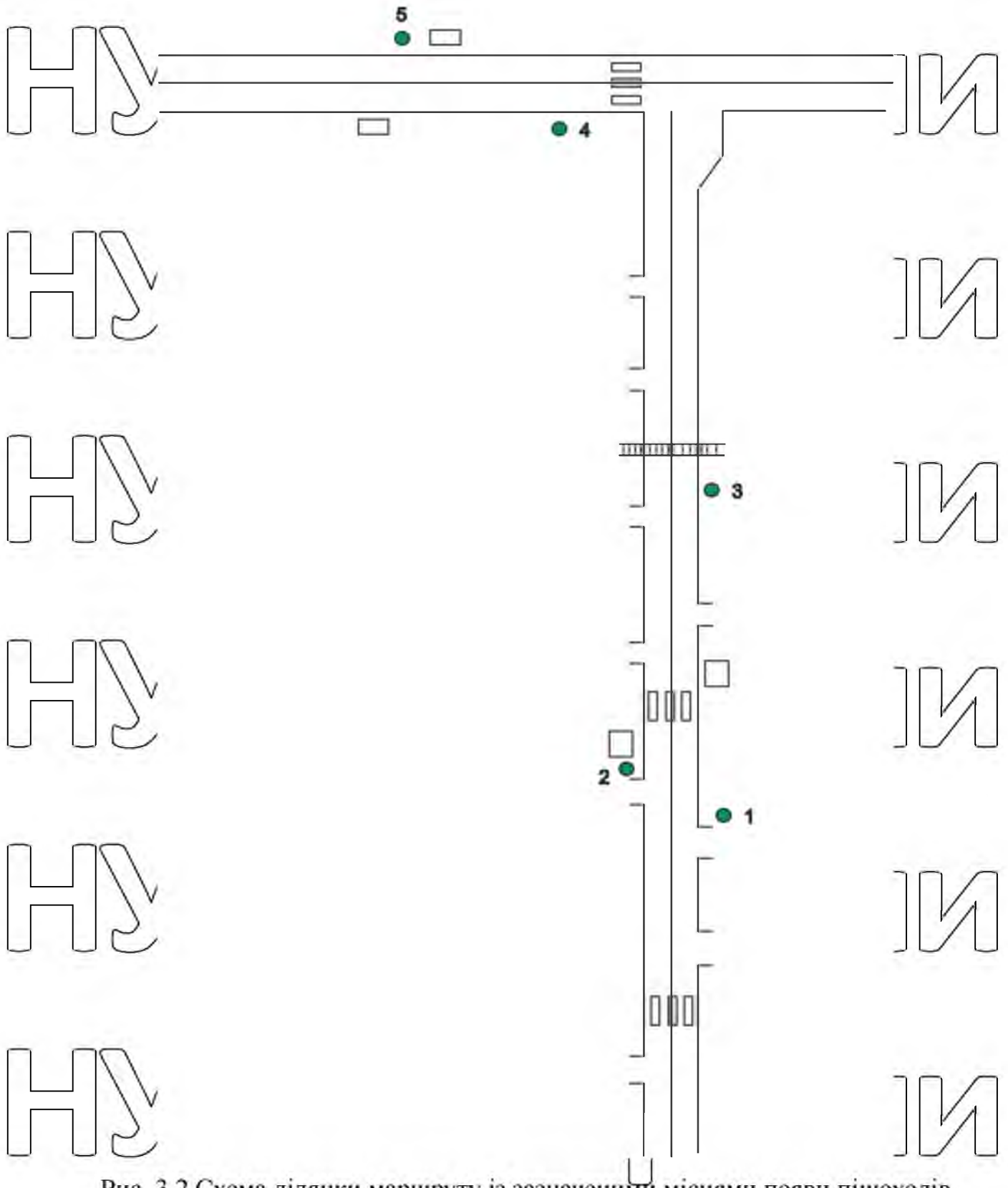


Рис. 3.2 Схема ділянки маршруту із зазначеними місцями появи пішоходів

ценарій 1 при відмові органів керування АТЗ на ділянці маршруту з Т-подібним перехрестям та зіткнення з групою пішоходів, що знаходяться на тротуарі.

Перед початком випробувань відбувався інструктаж випробуваного: слід було виконувати всі дії водія міського АТЗ, дотримуватися правил дорожнього руху, рухаючись при цьому з максимальною дозволеною швидкістю.

Досліджувані не знали про те, який зі сценаріїв реалізується. Під час заїздів велася відеозйомка ДО, а також запис психофізіологічних показань водія (ЧСС та ШГР). Всі дані, що записуються, синхронізувалися за часом.

Висновки у розділі

Сформовано набір експериментального обладнання для дослідження надійності водія, що включає прилади для безперервного запису ШГР та ЧСС водія, а також відеокамери для запису ДО та термогігрометр для контролю мікроклімату на РМВ.

Розроблено методику розрахунково-експериментальної оцінки надійності водія, що включає попереднє тестування ПВЯ водія для визначення відповідності подальшим експериментам на ІВ, заїзди по міських маршрутах з різним рівнем РБ для оцінки напруженості праці водія та заїзди на ІВ за маршрутами, що імітують реальні, для дослідження реакцій водія оцінки ризиків здоров'ю та майну у разі виникнення НС, які неможливо створити в реальних умовах з морально-етичних міркувань.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ВОДІЯ

Результати випробувань імітаційного випробування

Для проведення експериментів було обрано 4 випробуваних з різним стажем/водія, для яких раніше було проведено тестування ПЗЯ, що показало, що всі випробувані мають достатній рівень ПЗЯ.

Кожен випробуваний здійснив 40 заїздів ділянкою маршруту під час реалізації чотирьох сценаріїв (Рис. 4.1). З 20 заїздів за сценарієм в) (поява бензовозу) було скоєно 4 зіткнення АТЗ з бензовозом.



Рис. 4.3 Приклади сценаріїв імітаційного моделювання : а) вільні дорожні умови; б) поява пішохода; в) поява бензовозу; г) відмова органів управління перед перехрестям

Для кожної конфліктної ситуації (можливий наїзд на пішохода, зіткнення з бензовозом, наїзд на групу пішоходів при відмові органів управління) розраховувалася ступінь небезпеки і визначалося середнє уповільнення. Для реалізованих середніх уповільнень були розраховані ймовірності наїздів (зіткнень), які визначалися як різниця між загальною кількістю ситуацій з даним уповільненням та кількістю ситуацій з даним уповільненням, в яких був скоєний наїзд (зіткнення). Збільшення середніх уповільнень та ступенів небезпеки КС корелювало зі збільшенням ЧСС випробуваних. Результати випробувань показано рисунку 4.2. З рисунку видно, що збільшення складності виконання завдання (збільшення ймовірності скоєння помилки, тобто скоєння наїзду/зіткнення) призводить до збільшення ЧСС і, отже, до

збільшення напруженості до критичних значень, у яких ймовірність виконання завдання дорівнює нулю.

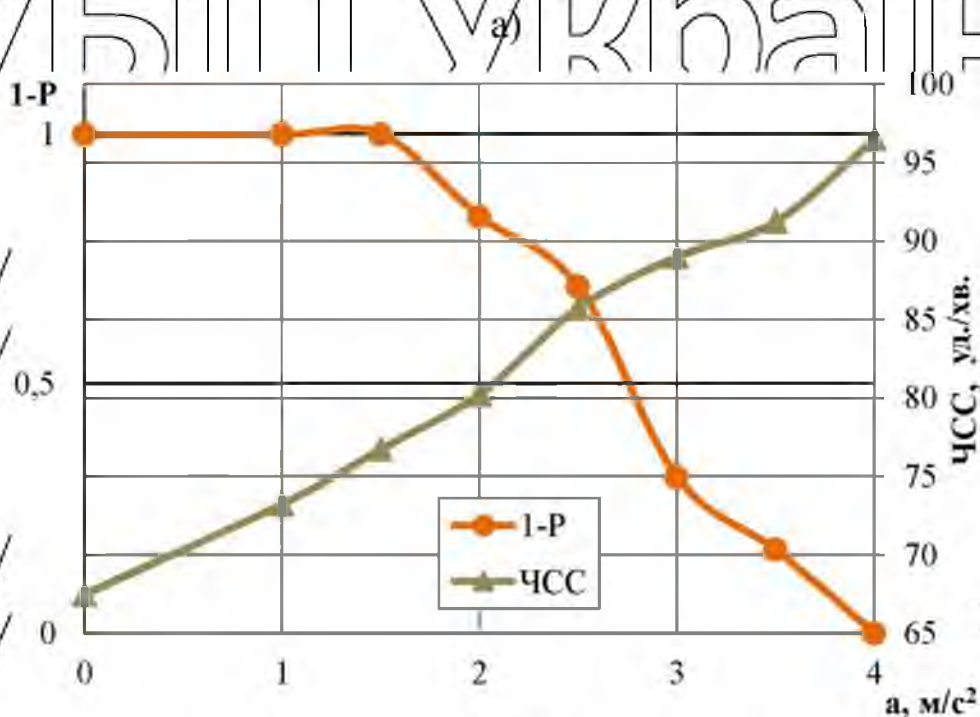
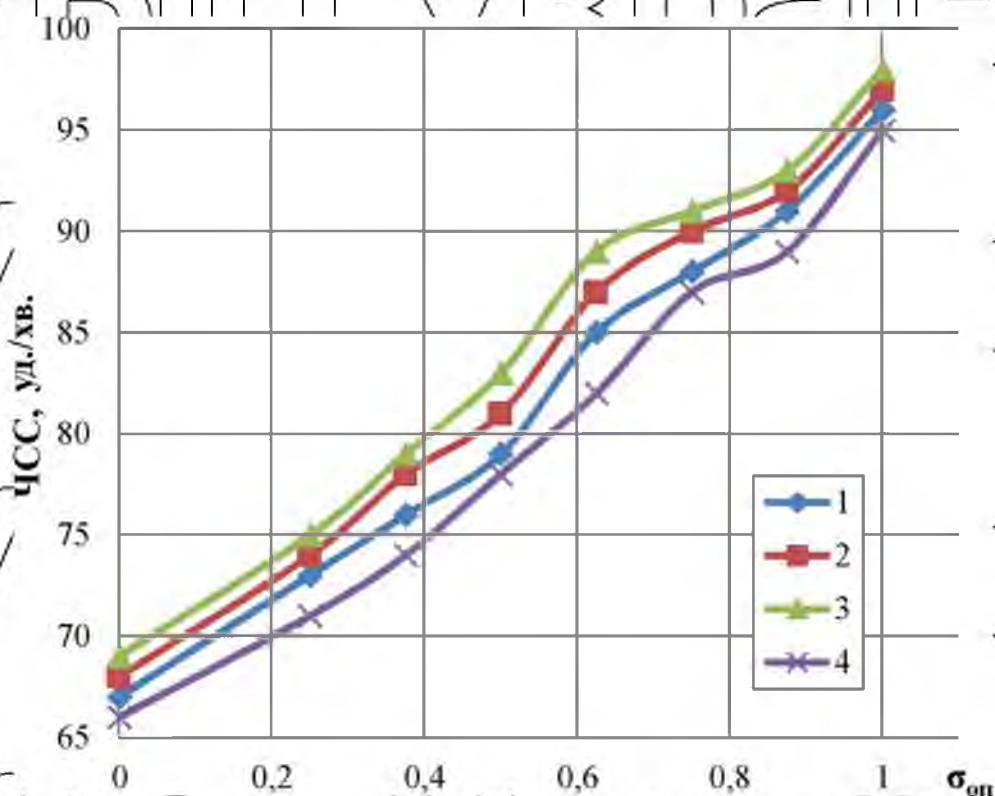


Рис. 4.2 Залежність ЧСС випробуваних від ступеня небезпеки КС за всіма сценаріями (а) та залежність ймовірності скоєння наїзду/зіткнення від середнього уповільнення за всіма сценаріями та випробуваннями (б)

При цьому до певного значення небезпеки КС ймовірність виконання завдання залишається рівною одиниці, тоді як ЧСС збільшується, що говорить про те, що напруженість зростає. У реальних умовах за тих же значень небезпеки КС та середніх уповільнень значення ЧСС і, відповідно, напруженість праці водія буде вищою.

результати оцінки ризиків здоров'ю, майну при надзвичайних ситуаціях

Здійснено оцінку наслідків НС на ІВ у сценарії 3 при зіткненні АТЗ з бензовозом.

1. Оцінка ризику здоров'ю, майну від дії вибухової хвилі під час аварійних вибухів ППС. Як ємність для ЛЗР, що перевозиться автотранспортом, прийнята напівпричіп-цистерна ППЦ-40, призначена для транспортування, тимчасового зберігання та перекачування світлих нафтопродуктів.

Розрахунок шкоди (шкоди) від зіткнення АТЗ з бензовозом зроблено для найнесприятливішого результату – всі учасники ДТП, які опинилися в епіцентрі, загинуть, автобус та бензовоз відновленню не підлягають. Вартість АТЗ 128 тис.грн. Вартість бензовоза із заповненою бензином А-92 цистерною ППЦ-40 – 599 500 грн.

Тому що $C_r > C_{ст}$, отже, для розрахунку вибуху хмари бензину, що лежала на поверхні землі, за формулою (2.36 б):

$$E = 2M_r q_r C_{ст} / C_r = 2 \cdot 23680 \cdot 4,4 \cdot 10^7 \cdot 0,07 / 0,6 = 2,03 \cdot 10^{11} \text{ Дж.}$$

З класифікації речовин, визначаємо, що бензин належить до класу 3 небезпеки (середньо чутливі речовини).

Геометричні характеристики навколишнього простору приймаються для вигляду 2-4. За експертною таблицею [99] визначаються очікувані режими вибухового перетворення хмари ППС – дефлаграція. Для перевірки розраховується швидкість фронту полум'я:

$$V_r = k_1 M_r^{1/6} = 43 \cdot 23680^{1/6} = 230 \text{ м/с.}$$

Отримана величина відповідає максимальній швидкості діапазону даного вибухового перетворення.

Так як ГПС - газова, величини P_{x1} , I_{x1} , P_{x2} , I_{x2} розраховуються за відповідними співвідношеннями різних відстаней від епіцентру.

Остаточні значення P_x та I_x визначаються як:

За формулами (2.37), (2.38) визначаються шукані величини надлишкового тиску та імпульсу фази стиснення повітряної ударної хвилі. Залежність надлишкового тиску від відстані наведена на рисунку 4.3.

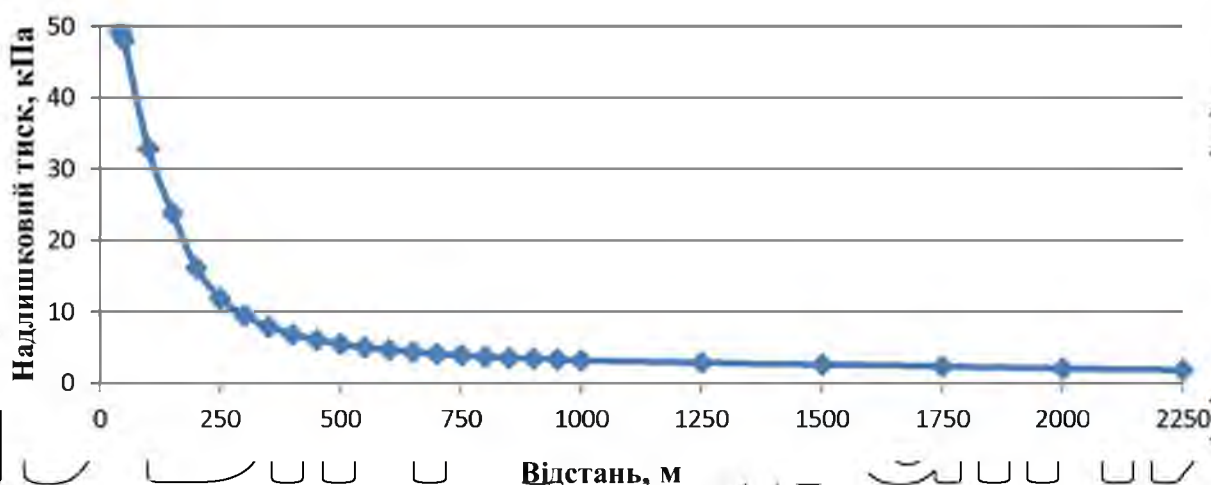


Рис. 4.3 Залежність надлишкового тиску вибухової хвилі від відстані

Використовуючи отримані значення AP та I , знаходяться пробіг-функції, для яких за таблицею [29] визначається ймовірність несприятливої події. Розраховані ймовірності показані на рисунку 4.4.

$$P_x = \min(P_{x1}, P_{x2});$$

$$I_x = \min(I_{x1}, I_{x2}).$$

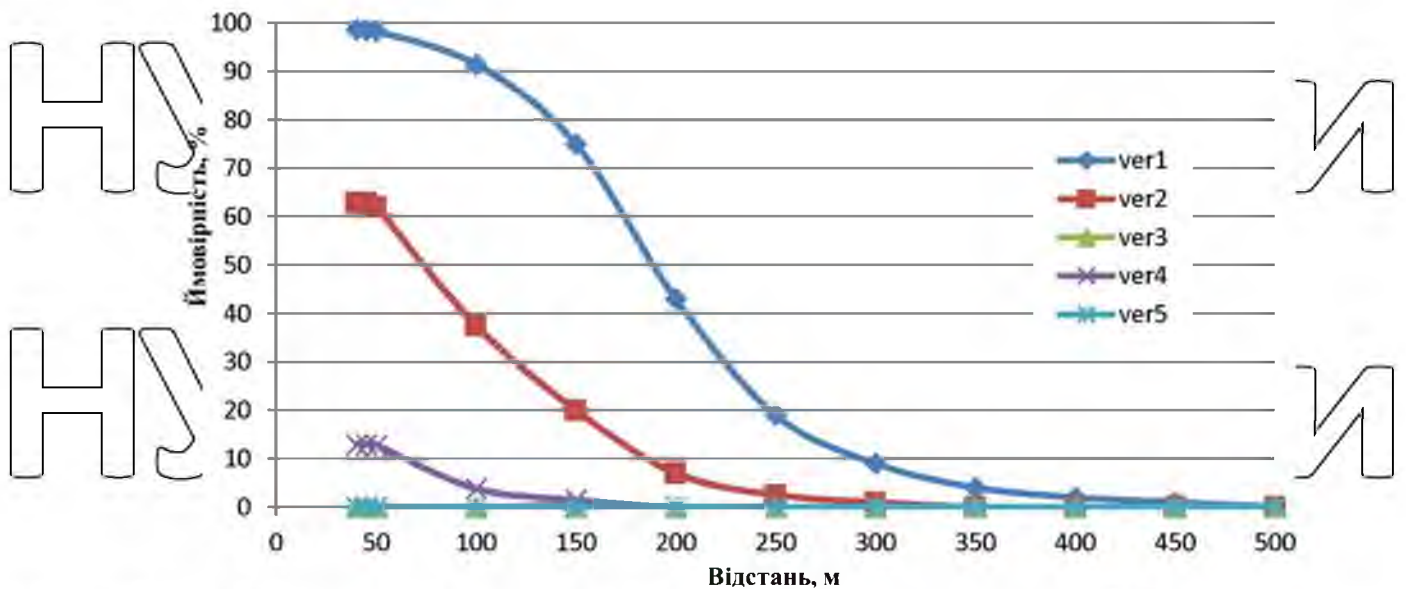


Рис. 4.4 Ймовірність ризику здоров'я людей та майну при дії вибухової хвилі
Ймовірність пошкодження стін промислових будівель, при яких можливе відновлення будівель без їх знесення (ver1), становить 98,5% та зменшиться до 50% на відстані 190 м, до 0% – на відстані 500 м.

Ймовірність руйнувань промислових будівель, у яких будівлі підлягають знесенню (ver2), становить 63% і зменшиться до 50% з відривом 75 м, до 0% - з відривом 350 м.

Ймовірність розриву барабанних перетинків у людей від рівня перепаду тиску в повітряній хвилі (ver4) становить 13% і зменшиться до 0% - на відстані 200 м-воду.

Ймовірність грівалої втрати керованості у людей (стан нокдауну), які потрапили в зону дії ударної хвилі при вибуху хмари ППС (ver3) та ймовірність відкидання людей хвилею тиску (ver5) незначні.

Практичні рекомендації

Практичне використання результатів магістерського дослідження є доцільним у двох областях:

творення імітаційного моделювання для наукових та навчальних цілей;

цінка напруженості праці водія рахунок дистанційного моніторингу його психофізіологічних показників.

Створення ІМ, що моделюють КС, ДТП та НС у ВДМ, дає можливість вирішення низки важливих наукових завдань, вирішення яких у реальних умовах, як правило, або неможливе з морально-етичних міркувань (наражаючи небезпеку життя і здоров'я учасників експерименту), або неефективно з-за великих організаційних, тимчасових та фінансових витрат. До таких завдань, зокрема, належать

ослідження ризиків, яким піддається водій у процесі їзди міськими вулицями та дорогами: ризики потрапляння в ДТП; екологічні; економічні; ергономічні.

виявлення залежності між ризиками виникнення ДТП та ступенем небезпеки КС, що виникають.

ослідження впливу різних факторів на ступінь небезпеки КС (втомата втомата водія, мікроклімат РМВ, підвищена концентрація ЗВ, параметричне забруднення).

ослідження впливу СПВ на надійність водія.

ослідження поведінки водія у екстремальних ситуаціях.

На підставі проведених експериментальних досліджень на ІВ та на маршрутах сформульовані пропозиції щодо вдосконалення існуючого підходу до навчання водіїв-професіоналів. Водій повинен пройти послідовно в міру

вдосконалення своєї майстерності водія чотири етапи навчання. Причому

кожен попередній етап необхідний для оволодіння наступним. На першому етапі водій повинен досягти певної технічної майстерності та розуміння сенсу та послідовностей при виконанні всіх дій, пов'язаних з керуванням агрегатами автомобіля. Цей етап має фундаментальне значення для подальшого процесу навчання.

Другим етапом. Для підготовки водія є формування вміння визначати положення автомобіля на дорозі і прогнозувати його траєкторію руху в залежності від керуючих впливів. Після цього етапу учень повинен повністю

освоїти технічну сторону водіння автомобіля. Він повинен правильно виконувати намічені дії під час руху автомобіля, а будь-які дії важелями та педалями не повинні викликати у нього труднощів.

Третім етапом навчання є формування вміння взаємодіяти з іншими учасниками руху, аналізувати та прогнозувати ДН, попереджати аварійні ситуації. На цьому етапі той, хто навчається при виборі того чи іншого маневру в складних ситуаціях, повинен виходити з тактичних міркувань забезпечення безпеки руху.

Четвертий етап навчання формує вміння та алгоритми поведінки водія у разі виникнення КС, ДТП, НС для мінімізації їх негативних наслідків для життя, здоров'я учасників руху, майна, навколишнього середовища. Цей етап можна реалізувати лише на ІВ. Результатом навчання з послідовним проходженням чотирьох етапів має бути вільне володіння автомобілем у різних дорожніх ситуаціях, у тому числі у разі виникнення КС, ДТП, НС. Тільки після цього учня може бути допущений до складання іспитів на отримання посвідчення водія.

Для прогнозування надійності водія з використанням його функціонального стану при роботі на автобусному маршруті та коригування графіків допуску на маршрути різної складності за результатами проведених експериментів рекомендується використовувати систему моніторингу психофізіологічних показників водія, яка передавала вимірювані значення в базу даних з виведенням на екран ПК диспетчера автобусного парку супутниковим каналом. Знаходження водія у стресовому стані (ЧСС понад 85 уд./хв.) 5.10% робочого часу є підставою для переведення водія на більш легкий маршрут.

4.7 Висновки у розділі

Випробування на реальному маршруті для налагодження методики дозволили встановити кореляцію між виникненням небезпечних ситуацій на дорозі та збільшенням ШГР водія, проте для використання цього параметра в оцінці надійності водія потрібні подальші дослідження. Розроблена методика проведення випробувань може бути використана у випробуваннях на реальних маршрутах та на ІМ.

Випробування на ІМ за чотирма розробленими сценаріями показали, що збільшення ступенів небезпеки КС корелювало зі збільшенням ЧСС випробуваних

При збільшенні середніх уповільнень та ймовірності скоєння наїзду на пішохода чи зіткнення з бензовозом відбувалося збільшення ЧСС водія, причому приріст ЧСС був навіть за таких а, у яких ймовірність наїзду (зіткнення) дорівнює нулю.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Завдання, поставлені у роботі, вирішено.

Аналіз літературних даних показав, що існуючі методики оцінки надійності водіїв вимагають розвитку та актуалізації у зв'язку з зростаючим і постійно зростаючим рівнем автомобілізації, науково-технічним прогресом, розвитком теоретичних та інструментальних методів наукових досліджень.

Теоретичне обґрунтування методики оцінки надійності водія полягає у розробці багаторівневої ієрархічної структури моделей, які містять імітацію динаміки руху АТЗ, імітацію взаємодій ТЗ у ВДМ, що призводять до КС та НС, методику оцінки ризиків здоров'я та майну у разі розвитку КС у НС при зіткненні АТЗ з КС, у транспортним засобом, що перевозить небезпечний вантаж.

Використання ІМ доцільно на вирішення наукових завдань, виконання яких у реальних умовах або неможливе з морально-етичних міркувань, або неефективно через великих організаційних, тимчасових і фінансових витрат.

Також ІМ дає можливість удосконалити існуючий підхід до навчання водіїв-професіоналів, доповнивши його етапом, що формує вміння, алгоритми поведінки водія у разі виникнення КС, ДТП, НС для мінімізації їх негативних наслідків для життя, здоров'я учасників руху, майна, навколишнього середовища.

Випробування на ІМ за розробленими сценаріями показали, що при збільшенні ступеня небезпеки КС та ймовірності скоєння наїзду на пішохода або зіткнення з бензовозом відбувається збільшення ЧСС водія, причому приріст ЧСС є навіть при таких ступенях небезпеки КС, при яких ймовірність наїзду (зіткнення) дорівнює. Здійснено оцінку ризиків здоров'я, майну внаслідок виникнення НС.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення

АЛ – автомобіль-лідер

АТК – автотранспортний комплекс

АЦП - аналогово-цифровий перетворювач

ВАДС – система «водій – автомобіль – дорога – середовище»

ВДА - віртуальний рух АТЗ

ВДС - віртуальне дорожнє середовище

ВКСА - вектор курсового становища АТЗ

ГР - горюча рідина

ДР - дорожній рух

ДО - дорожня обстановка

ДОВР – динамічні об'єкти віртуальної реальності

ДТП - дорожньо-транспортна пригода

ДТЗ - дорожньо-транспортна ситуація

ДУ - дорожні умови

ІМ – імітаційне моделювання

ШГР – шкірно-гальванічна реакція

КБА - шматково-безперервний агрегат

КПП - коробка постійних передач

КС – конфліктна ситуація

ЛЗР - легкозаймиста рідина

ОВР – об'єкти віртуальної реальності

ОКГ - окулографія

ПВЯ – професійно важливі якості

РМВ – робоче місце водія

СДОР - сильнодіюча отруйна речовина

СОВР – статичні об'єкти віртуальної реальності

ППС - паливно-повітряна суміш

ТП – транспортний потік

ТЗ - транспортний засіб
РБ - рівень безпеки
НС - надзвичайна ситуація
ЛСМУ - людино-машинна система управління

ЧСС - частота серцевих скорочень
ЕКГ - електрокардіограма
ЕЕГ - електроенцефалографія

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Road traffic injuries. World Health Organization. Веб-сайт URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/> (дата звернення 01.10.2018).

2. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 15.01.2020).

3. В Україні – найвища смертність від ДТП в Європі (ІНФОГРАФІКА). ТЕКСТИ.org.ua Веб-сайт. URL: http://texty.org.ua/pg/news/textynewseditor/read/87057/V_Ukrajinі_najvyshha_smernist_vid_DTP (дата звернення 01.10.2018).

4. Правила дорожнього руху України. Київ : Укрспецвидав, 2020. 64 с.

5. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Міністерство інфраструктури України. Веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statystichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення 05.10.2018).

6. Який середній вік автопарку буде в Україні через 5 і 10 років? AUTO.RIA.com™. Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/232129/kakoj-srednij-vozzrast-avtoparka-budet-v-ukrainie-cherez-5-i-10-let.html> (дата звернення 05.10.2018).

7. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015, № 1420/5 від 26.04.2017).

8. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015).

9. Три тисячі смертей щорічно: чи покращиться дорожня безпека в Україні? AUTO.RIA.com™. Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/236184/tri-tysyachi-smertej-ezhegodno-uluchshitsya-li-dorozhnaya-bezopasnost.html> (дата звернення 08.10.2018).

10. Опублікована статистика ДТП в Україні в 2018 году // Первый автоклуб «Автоа». Веб-сайт. URL: <http://autonews.autoua.net/novosti/20627->

opublikovana-statistika-dtp-v-ukraine-v-2018-gody.html#! (дата звернення 08.05.2019).

11. Не за склом: стан справ з ДТП в Україні за 2017 рік. AUTO.RIA.com™: Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/uk/news/autolaw/236137/ne-za-steklom-kak-obstoyali-dela-s-dtp-v-ukraine-v-2017-godu.html> (дата звернення 03.10.2018).

12. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року. Законодавство України. Веб-сайт. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-%D1%80> (дата звернення 05.10.2018).

13. Рейтинг країн за рівнем смертності у ДТП: Україна в десятці (інфографіка). Інформаційне агентство УНАН. Веб-сайт. URL: <https://www.unian.ua/society/2088789-reyting-krajm-za-rivnem-smertnosti-u-dtp-ukrajina-v-desyatti-infografika.html> (дата звернення 01.10.2018)

14. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2018. 160 с.

15. Кужель В. П., Кашканов А. А., Кашканов В. А. Методика зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП при ідентифікації дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 200 с.

16. Кашканов В. А., Ребедайло В. М., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 128 с.

17. Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Вплив фактора видимості на вибір безпечної швидкості руху автомобіля вночі. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2002. №17. С. 62-66.

18. Кашканов А. А., Кужель В. П. Принципи та моделі оцінки ефективності автомобільних фар. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2002. №2. С. 139-143.

19. Кашканов А. А., Крешенецький В. Л., Біліченко В. В. Конструкція і стан автотранспортних засобів в проблемі забезпечення безпеки дорожнього руху. Системні методи керування, технології організації виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. 2003. Вип. 17. С. 62-65.

20. Кашканов А. А. Застосування нечіткої логіки в автомобільній автоматичній. Автомобільний транспорт. 2003. № 13. С. 58-61.

21. Кашканов А. А., Кужель В. П. Вплив засліпленості водія на вибір безпечних режимів руху. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2003.

22. № 5. С. 63-66.

23. Кашканов А. А., Кужель В. П. Аналіз методів і засобів діагностування автомобільних фар. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2004. №7(77). Ч. 1. С. 25-29.

24. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. Cybernetics and Systems Analysis. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. DOI: 10.1007/s10559-019-00206-8.

25. Kashkanov A. A., Rotshtein A. P., Kucheruk V. Yu., Kashkanov V. A. Tyre-Road friction Coefficient: Estimation Adaptive System. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. 2020. № 2(98). P. 50-59. DOI: 10.31489/2020Ph2/50-59. (Web of Science Core Collection)

1. Struble D. Automotive accident reconstruction: practices and principles.

Boca Raton: CRC Press, 2013. 498 p.

26. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. European Network of Forensic Science Institutes. 21 p.

27. Закон України «Про судову експертизу». Документ № 4038-XII.

Поточна редакція від 07.11.2015 : офіційний веб-сайт Верховної Ради України

URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/4038-12> (дата звернення 16.12.2015).

28. Jazar R. N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. NY: Springer, 2018. 1015 p.

29. Genta G., Morello L. Automotive chassis. Volume 1: Components design. Springer, 2019. 621 p.

30. Genta G., Morello L. Automotive chassis. Volume 2. System design. Springer, 2019. 825 p.

31. Franck H., Franck D. Mathematical methods for accident reconstruction. a forensic engineering perspective. Boca Raton: CRC Press, 2009. 328 p.

32. Steffan H. Accident reconstruction methods. Vehicle System Dynamics. 2019. Volume 47. Issue 8: P. 1049-1073. DOI: 10.1080/00423110903100440.

33. Про затвердження переліків рекомендованої науково-технічної та довідкової літератури, що використовується під час проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 30 липня 2010 року № 1722/5. К., 2017. 94 с.

34. Rotshtein A., Rebedailo V., Kashkanov A. Fuzzy Logic-based Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters. 2017. 6(1-3), P. 53-64.

35. Rotshtein A., Kashkanov A. Fuzzy Expert System for Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. Proceeding of the 6-th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, 2018. p. 1735 - 1740.

36. Можливості використання спеціальних знань при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод / Авт.-уклад. С. О. Шевцов, – Х.: СПД-ФО Чальцев О. В., 2015. 308 с.

37. Методи оцінки кінематичних і динамічних параметрів транспортних засобів під час зіткнення з урахуванням їх деформування і руйнування. Київський науково-дослідний інститут судових експертиз (КНДІСЕ). К.: КНДІСЕ, 2015. 64 с.

38. Рекомендації щодо використання в практичній діяльності та комплектування пересувної автотехнічної лабораторії (позитивний досвід

роботи відділення автотехнічних експертиз та оцінювальної діяльності НДЕКЦ при УМВС України в Харківській області з організації огляду місць дорожньо-транспортних пригод). Київ: Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, 2016. 32 с.

39. Дячук В. І. Оцінка слідчим висновку експерта-автотехніка як джерела доказів. *Право і Безпека*. 2014. № 1. С. 168-173.

40. Галак І. І. Особливості призначення та проведення технічної експертизи та її роль при розслідуванні ДТП. *Вісник Національного транспортного університету*. 2016. Вип. 26. С. 84-88.

41. Трофименко Н. С. Питання призначення та проведення деяких видів судових експертиз (за матеріалами узагальнення експертної практики). *Вісник Академії митної служби України. Серія: «Право»*. 2018. № 1 (10). С. 107-112.

42. Туренко А. М., Сараєв О. В. Оцінка ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди: монографія. Х.: ХНАДУ, 2015. 350 с.

43. Сараєв О. В. Метод оцінки ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди: дис. ... докт. тех. наук. Харків: ХНАДУ, 2016. 418 с.

44. Данець С. В. Оцінка параметрів руху транспортних засобів при реконструкції дорожньо-транспортних пригод: дис. ... канд. тех. наук. Харків: ХНАДУ, 2018. 321 с.

45. CRASH-3 Technical manual. U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. National Center for Statistics and Analysis Accident Investigation Division. 2016.

46. Cliff W. E., Moser A. Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer. SAE Paper №2001-01-05-07.

47. Сараєв О. В. Новітні технології дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди. *Вісник Національного транспортного університету*. 2013. Вип. 28. С. 405-414.

48. Косяков В. В., Кучерявенко О. Б. Використання комп'ютерної програми CARAT-3 при проведенні автотехнічних експертиз : метод. рек. К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2016. 40с.

49. The Cad Zone. Веб-сайт. URL: <http://www.cadzone.com> (дата звернення 26.09.2019).

50. Васілевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник. Вінниця: ВНТУ, 2015. 230 с.
Безпека дорожнього руху та деякі правові аспекти: навч. пос. МОН України /

Кишун В. А., Кузнецов Р. М., Мурований І. С., Лаба О. В. Луцьк: РВВ ЛНТУ,

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України