

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**Степанов Олексій Вікторович**

УДК 656.13.052.4-049.5 (043.3)

КОНЦЕПЦІЯ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ  
ЗАСОБІВ У ТРАНСПОРТНОМУ ПРОЦЕСІ З УРАХУВАННЯМ  
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ФАКТОРА ЛЮДИНИ

Спеціальність 05.22.01 – транспортні системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор  
**Наглик Іван Сергійович**,  
Харківський національний автомобільно-  
дорожній університет, завідувач кафедри  
організації і безпеки дорожнього руху.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,  
**Поліщук Володимир Петрович**,  
Національний транспортний університет,  
завідувач кафедри транспортних систем та  
безпеки дорожнього руху;

доктор технічних наук, професор  
**Самсонкін Валерій Миколайович**,  
Державний університет інфраструктури та  
технологій, професор кафедри управління  
процесами перевезень;

доктор технічних наук, професор  
**Алексієв Володимир Олегович**,  
Харківський національний економічний  
університет імені Семена Кузнеця, професор  
кафедри кібербезпеки та інформаційних  
технологій.

Захист відбудеться «19» червня 2019 року о 12:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61002.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61002.

Автореферат розісланий «16» травня 2019 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



О.П. Смирнов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** За даними міжнародної статистики, внаслідок дорожньо-транспортних пригод (ДТП) щорічно в світі гине близько 1,25 мільйона людей та до 50 мільйонів людей отримують травми. З метою стабілізації і скорочення прогнозованого рівня смертності в результаті ДТП Генеральна Асамблея ООН своєю Резолюцією від 10.05.2010 р. №64/255 проголосила 2011-2020 роки «Десятиліття дій щодо забезпечення безпеки дорожнього руху з метою стабілізації та подальшого скорочення прогнозованого рівня смертності в результаті дорожньо-транспортних пригод у всьому світі шляхом активізації діяльності на національному, регіональному та глобальному рівнях». Крім того, згідно з Резолюцією ООН з підвищення безпеки дорожнього руху в усьому світі від 23.05.2012 р. №66/260 та від 29.04.2014 р. №68/269 відправною точкою є визнання так званого «фактора людини» – людської помилки. Україна в 2010 р. затвердила Транспортну стратегію України на період до 2020 року, в 2011 році приєдналася до Десятиліття дій щодо забезпечення безпеки дорожнього руху на 2011–2020 роки, а 30.05.2018 р. схвалила оновлену Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року.

Сучасні погляди на проблему безпеки автомобільних транспортних засобів (АТЗ) дозволяють зробити висновок, що загрозою безпеки в транспортному процесі є комплекс різних факторів, які одночасно впливають як на учасників дорожнього руху, так і на АТЗ. При цьому, поруч з учасниками дорожнього руху, чималою кількістю технічних, дорожніх факторів та факторів навколишнього середовища, які складають систему «Людина – Автомобіль – Дорога – Середовище» (ЛАДС) і які знаходяться в складному взаємозв'язку, першочергове значення набуває так званий «фактор людини», під яким розуміється сукупність фізичних і психічних властивостей людини, а також можливість прийняття людиною помилкових рішень.

Позитивно оцінюючи здобутки вчених у результаті аналізу великої кількості загальних наукових праць з безпеки автомобільного транспорту (автотранспорту), слід зазначити, що в сфері автотранспорту бракує досліджень з питань безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини в реальному соціально-економічному середовищі з високою динамікою соціальних процесів. Не визначено змістовні, структурні, функціональні та психофізіологічні закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ. Отже, в сучасних умовах виникає необхідність розгляду актуальної наукової проблеми – безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини на якісно новій міждисциплінарній основі, а її ефективне вирішення є неможливим без створення відповідного теоретико-методологічного забезпечення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до Закону України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 р. № 3353-ХІІ; Указу Президента України «Про додаткові заходи щодо запобігання дорожньо-транспортним пригодам» від 17.06.2008 р. № 556/2008; Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення транспортної стратегії України на період до 2020 року» від 20.10.2010 р. № 2174-р.; Розпорядження Кабінету Міністрів

України «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» від 30.05.2018 р. № 430-р. Дисертаційна робота пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри організації і безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: «Науково-практичний підхід підвищення безпеки дорожнього руху на залізничних переїздах» (ДР № 0115u003272); «Перспективні напрямки вирішення проблем підвищення безпеки дорожнього руху» (ДР № 0116u007632); «Послуги з інженерного проектування (послуги з розробки схеми організації дорожнього руху на дорогах Дніпровського району)» (ДР № 0117u004878); «Перспективні напрямки вирішення проблеми підвищення безпеки дорожнього руху» (ДР № 0117u006846).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційного дослідження є обґрунтування пріоритетних положень концепції безпеки АТЗ у транспортному процесі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити сучасний стан та проблеми безпеки АТЗ у транспортному процесі;
- розвинути понятійно-категоріальний апарат сфери безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини;
- розробити теоретико-методологічне забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини;
- обґрунтувати концепцію безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини;
- дослідити закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі;
- розглянути вплив геопатогенних зон на водія та на безпеку АТЗ у транспортному процесі;
- провести експериментальну апробацію забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини

*Об'єкт дослідження:* процес безпечного керування АТЗ.

*Предмет дослідження:* закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі.

**Методи дослідження.** Методологічною основою дисертаційної роботи є використання системного підходу та раціонального поєднання теоретичних і експериментальних досліджень, узагальнення та аналіз відомих наукових результатів щодо безпеки АТЗ у транспортному процесі як системи, що функціонує на основі не лише внутрішнього саморозвитку, але і під впливом зовнішніх факторів. Використання методу моделювання сприяло розгляду складових системи безпеки АТЗ та їх реакцій на зовнішні фактори в транспортному процесі. Аналітичний метод застосовано для аналізу нормативно-правових і нормативно-технічних актів забезпечення безпеки автотранспорту та дорожнього руху. На основі порівняльного аналізу доктринальних документів у сфері автотранспорту з'ясовано недостатність нормативно-правового регулювання щодо забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі. Експериментальні дослідження реалізовано з використанням вимірювального комплексу, адаптованого для оцінювання теоретичних розробок тематики дисертації. Використання комплексного підходу та раціонального

поєднання теоретичних і експериментальних досліджень дозволили визначити закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі та визначити шляхи її забезпечення.

Інформаційну базу дослідження становили міжнародні й національні законодавчі та нормативно-правові акти, офіційні дані Державної служби статистики України, міністерств та відомств України, наукові та літературні джерела, інтернет-ресурси і наукові дослідження автора.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у розробці теоретико-методологічних підходів та визначенні закономірностей впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі. Найважливіші наукові результати, що характеризують новизну дисертаційного дослідження, полягають у наступному:

*вперше:*

– обґрунтована концепція безпеки АТЗ у транспортному процесі, яка на відміну від відомих відрізняється новим теоретико-методологічним забезпеченням, розвинутим понятійно-категоріальним апаратом у сфері автотранспорту, що дозволяє враховувати закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі;

– обґрунтовано показники оцінки безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини, які на відміну від відомих дозволяють врахувати вплив геопатогенних зон (ГПЗ) на людину за допомогою комплексного показника безпеки АТЗ у транспортному процесі та математичної моделі комплексного показника ГПЗ ділянки автодороги;

– отримана модель з програмним кодом штучної нейронної мережі безпечного керування АТЗ у транспортному процесі, яка на відміну від відомих моделей використовує засоби нечіткої логіки, що дозволяє врахувати вплив фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі з мінімальною помилкою;

– розроблено інформаційно-аналітичну систему «Пошук», яка на відміну від відомих систем відрізняється удосконаленим інтерфейсом, розвинутим інформаційним забезпеченням безпеки АТЗ у транспортному процесі, що дозволяє враховувати громадській контроль, відкритість органів влади з аналітичною обробкою інформації;

– запропоновано новий підхід до інформаційно-аналітичного забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі, який на відміну від відомих дозволяє безпосередньо проводити постійний моніторинг та контроль системи безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини;

*удосконалено:*

– класифікацію проблем безпеки АТЗ у транспортному процесі, яка на відміну від відомих досліджень враховує наявність комунікації між суб'єктами й об'єктами забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі, фактором людини та факторами зовнішнього середовища;

– методи дослідження безпеки АТЗ у транспортному процесі, які на відміну від відомих відрізняються використанням принципів побудови і дослідження моделей складних систем за допомогою апарату нечіткої логіки та теорії ризиків, що дозволяє

врахувати закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі;

*набули подальшого розвитку:*

– обґрунтування пріоритетних напрямів підвищення безпеки АТЗ у транспортному процесі, які на відміну від відомих відрізняються використанням методу узагальнення різних дорожніх умов, навколишнього середовища і складу транспортного потоку з урахуванням закономірностей впливу фактора людини;

– формування структури безпеки АТЗ у транспортному процесі як об'єкта управління системи безпеки дорожнього руху (БДР), яка на відміну від відомих відрізняється залежністю від факторів, у яких система управління поширює свій вплив на об'єкт управління.

**Практичне значення одержаних результатів** визначається отриманими результатами, які дозволяють підвищити безпеку АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини. Окремі положення дисертаційної роботи використано:

– Комітетом Верховної Ради України з питань транспорту в рамках запланованої законотворчої роботи щодо вдосконалення законодавства у сфері підвищення ефективності управління автотранспортом та підвищення рівня його безпеки (довідка від 18.01.2017 р. № 04-36/15-12);

– Науково-дослідним інститутом економічного розвитку для практичного використання під час формування та реалізації державної політики забезпечення безпеки транспорту Міністерством інфраструктури України (довідка від 31.05.2017 р. № В-05/17);

– Східноєвропейським центром фундаментальних досліджень (Prague, Czech Republic) при формуванні рекомендацій, представлених на розгляд Європейської Комісії Євросоюзу з безпеки автотранспорту (довідка від 28.04.2017 р.);

– Департаментом економіки і міжнародних відносин Харківської обласної державної адміністрації у процесі виконання завдань і функцій органами державної влади та органами місцевого самоврядування у сфері автотранспортного обслуговування населення Харківської області (довідка від 02.07.2016 р.);

– Департаментом інфраструктури Харківської міської ради в частині розгляду проблем безпеки автотранспорту в транспортному процесі для вжиття практичних засобів щодо забезпечення безпеки дорожнього руху в регіоні та мінімізації ДТП з кількістю загиблих на автошляхах (довідка від 10.10.2016 р.);

– ТОВ «Авто-Максимум» при викладанні навчального курсу лекцій з безпеки дорожнього руху з урахуванням впливу фактора (довідка від 13.07.2016 р.).

Наукові результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі закладів вищої освіти:

– Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом на кафедрі організації і безпеки дорожнього руху при викладанні навчального курсу лекцій з безпеки дорожнього руху (довідка від 20.02.2017 р.);

– Національною академією Національної гвардії України на кафедрі експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин при викладанні навчального

курсу лекцій з тематики: «Безпека автодорожнього руху», «Основи автотранспортного права», «Основи психофізіологічної праці та поведінки водія (довідка від 21.03.2017 р.);

– Національним університетом цивільного захисту України при викладанні навчального курсу лекцій з тематики: «Безпека автотранспорту та дорожнього руху», «Психофізіологічний стан людини в умовах негативного впливу природно-кліматичних факторів», «Напрями вдосконалення забезпечення безпеки автотранспорту в транспортному процесі» (довідка від 22.12.2016 р.);

– Одеським автомобільно-дорожнім коледжем при Одеському національному політехнічному університеті при викладанні навчального курсу лекцій з організації та безпеки дорожнього руху (довідка від 23.06.2017 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Результати досліджень, які винесені на захист, отримані автором самостійно та в основному викладені в 57 роботах. Зокрема, роботи [1-6, 9-15, 17-57] опубліковані без співавторів. У спільних з іншими авторами роботах дисертантом виконано наступне: у роботі [7] дано визначення віктимності в сфері дорожнього руху; у роботі [8] проведено аналіз і виявлені причини постраждалих пішоходів у ДТП; у роботі [16] дано поняття «безпека автотранспорту» та визначено основні проблеми безпеки автотранспорту.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати теоретичних досліджень дисертаційної роботи викладені в наукових доповідях на міжнародних науково-практичних конференціях і науково-методичних семінарах, зокрема на: міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології розвитку конструкції, виробництва, експлуатації, ремонту та експертизи автомобіля» (м. Харків, ХНАДУ, 2014 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Технічний прогрес в АПК» (м. Харків, ХНТУСХ ім. Петра Василенка, 2015 р.); всеукраїнській науково-методичній конференції «Шляхи забезпечення якості підготовки фахівців транспортної галузі» (м. Харків, ХНАДУ, 2015 р.); materials of the International scientific and practical conference «Modern scientific potential-2015» (м. Шеффілд, Англія, 2015 р.); materials of the International scientific and practical conference «Science without borders-2015» (м. Шеффілд, Англія, 2015 р.); materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki-2015» (м. Пшемисль, Польща, 2015 р.); materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa myśl informacyjnej powieki-2015» (м. Пшемисль, Польща, 2015 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні суспільні комунікації: проблеми, пріоритети та першочергові завдання в євроінтеграційних процесах» (м. Хелм, Польща, 2015 р.); матеріали за международна научна практична конференция, «Бъдещите изследвания-2015» (м. Софія, Болгарія, 2015 р.); матеріали за международна научна практична конференция «Найновите научни постижения-2015» (м. Софія, Болгарія, 2015 р.); materiály mezinárodní vědecko-praktické konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti-2015» (м. Прага, Чехія, 2015 р.); materiály mezinárodní vědecko-praktické konference «Dny vědy-2015» (м. Прага, Чехія, 2015 р.); VIII міжнародній науково-практичній конференції: «Актуальні проблеми сучасної науки» (Астана – Харків – Вена, 2016 р.); IX міжнародній науково-

практичній конференції: «Актуальні проблеми сучасної науки» (Астана – Київ – Вена, 2016 р.); materials of the International scientific and practical conference, «Science without borders-2016» (м. Шеффілд, Англія, 2016 р.); materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki-2017» (м. Пшемисль, Польща, 2017 р.); міжнародна научна практична конференція «Бъдещите изследвания - 2017», (м. Софія, Болгарія, 2017 р.); mezinárodní vědecko - praktická konference, «Věda a technologie: krok do budoucnosti-2017» (м. Прага, Чехія, 2017 р.); міжнародному науковому форумі «Подальший розвиток транспортних систем у Східній Європі (м. Прага, Чехія, 2017 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти» (м. Кривий Ріг, Україна, 2017 р.); науково-методичному семінарі «Організаційно-економічні механізми розвитку промисловості та транспорту» (м. Київ, 2017 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин» (м. Київ, Україна, 2018 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 57 наукових праць, у тому числі: 3 монографії, 32 публікації у наукових фахових виданнях України та інших держав (з них 8 публікацій у наукових періодичних виданнях інших держав). За матеріалами досліджень опубліковано 16 тез у збірниках доповідей міжнародних наукових конференцій, отримано 6 патентів України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 477 сторінок, обсяг основного тексту – 272 сторінки, на яких 81 рисунок і 11 таблиць. Список використаних джерел містить 580 найменувань на 60 сторінках, 14 додатків розміщені на 103 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** наведено загальну характеристику роботи; обґрунтовано актуальність теми; сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження; описано застосовані методи дослідження та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів; надано інформацію про апробацію та публікацію результатів дисертаційного дослідження у наукових виданнях України та зарубіжжя.

**У першому розділі** проведено аналіз наукових джерел, які стосуються стану проблеми безпеки АТЗ у транспортному процесі, розкрито характеристики об'єкта та предмета дослідження. Аналіз проблем безпеки на автотранспорті дозволив зробити висновок про те, що безпека АТЗ у транспортному процесі є не тільки соціально-економічною, але і національною проблемою держави. При цьому розвиток безпеки в сфері автотранспорту та забезпечення її стабільного функціонування торкається інтересів суспільства, всіх фізичних та юридичних осіб, причетних до безпечної діяльності автотранспортного комплексу держави.



Відзначено, що питанням дослідження безпеки транспорту, загальних принципів забезпечення працездатності транспортних засобів присвячені різнопланові наукові роботи В. О. Алексеєва, С. И. Антипова, О. В. Бажинова, В. М. Варфоломеєва, М. Я. Говоруценка, Є. М. Лобанова, Є. В. Нагорного, І. С. Наглюка, В. П. Поліщука, М. А. Подригало, В. М. Самсонкіна, Л. І. Сопільника, А. М. Туренка й ін. У наукових роботах автори вказують на необхідність розглядати безпеку транспортних засобів як складне, комплексне явище, що характеризується певними внутрішніми і зовнішніми процесами.

На основі огляду наукових джерел щодо проблем безпеки в сфері автотранспорту з'ясовано, що поряд із незадовільним технічним станом АТЗ завжди присутні як внутрішні, так і зовнішні фактори системи ЛАДС, які впливають на безпеку АТЗ. Установлено, що системний характер поняття «безпека автотранспорту» визначає необхідність комплексного вирішення проблем, наявних у транспортній галузі. Зокрема, поняття «безпека» в роботах В. М. Заплатинського, В. А. Липканя, А. Б. Качинського, Є. П. Желібо, Н. М. Заверухи, В. В. Зацарного розглядається як «складна система», як багатоаспектне явище навколишнього середовища, що характеризується певними внутрішніми процесами. При цьому масштабний спектр різних причин природного, технічного, соціального характеру обумовлюють наявність широкого діапазону внутрішніх та зовнішніх загроз, які впливають і на безпеку АТЗ у транспортному процесі. Згідно з цим визначено, що під загрозою безпеки АТЗ у транспортному процесі треба розуміти протиправні дії людини або наміри вчинити подібні дії, а також процеси природного або техногенного характеру, або їх сукупність, які перешкоджають безпеці транспортного процесу та можуть привести до ДТП. Крім того, водій АТЗ та інші учасники дорожнього руху знаходяться в умовах постійного впливу факторів навколишнього середовища, які впливають на їхній психофізіологічний стан, від якого залежить безпечне керування АТЗ у транспортному процесі.

З'ясовано, що вплив фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі в реальному соціально-економічному середовищі є актуальною науковою проблемою, вирішення якої покращує безпеку АТЗ та мінімізує ДТП з кількістю постраждалих. Крім того, науковцями недооцінюється вплив навколишнього середовища на психофізіологічний стан учасників дорожнього руху. Відповідно до цього під поняттям «безпека АТЗ у транспортному процесі» необхідно розуміти не тільки комплекс конструктивних і експлуатаційних властивостей АТЗ, комплекс заходів щодо запобігання злочинній діяльності, але також і вплив навколишнього середовища на психофізіологічний стан водія АТЗ. Встановлено, що найменш вивченим і найскладнішим у безпеці АТЗ є так званий «фактор людини», при цьому немає оптимальних критеріїв для оцінки впливу психофізіологічного стану водія на безпеку АТЗ, а тому вплив фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі і надалі залишається нерегульованим, що потребує цілеспрямованих наукових досліджень.

Аналіз відомих наукових робіт щодо безпеки АТЗ показав, що обґрунтування безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу

фактора людини до цього часу не було предметом спеціального комплексного дослідження. З'ясовано, що публікації з досліджуваної тематики стосуються лише технічних питань безпеки АТЗ, але без урахування оцінки закономірностей впливу фактора людини.

Вищевказане визначає необхідність обґрунтування концепції безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини на якісно новій міждисциплінарній основі з відповідним теоретико-методологічним забезпеченням.

**У другому розділі** розглянуто теоретико-методологічне забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини, яке дозволило обґрунтувати методологічний підхід до підвищення безпеки АТЗ у транспортному процесі, виділити особливості системи безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини, обґрунтувати імітаційну модель безпеки АТЗ у транспортному процесі, що є науковою новизною дослідження.

Обґрунтовано, що рішенням проблем безпеки АТЗ у транспортному процесі є напрямок методології наукового пізнання, в основі якого лежить розгляд об'єкта дослідження як процесу, що дозволяє комплексно вивчати все різноманіття взаємодіючих факторів, їх особливості та взаємозв'язки, дає можливість встановлювати обмеження, що накладаються на функціонування системи і визначати шляхи управління системою для безпеки АТЗ у транспортному процесі. При цьому, система ЛАДС є взаємопов'язаною але ієрархічно незалежною. Зокрема, істотний вплив на безпеку АТЗ у транспортному процесі надають не тільки внутрішні, фіксовані фактори, але й елементи інших систем, наприклад, інші водії та інші учасники дорожнього руху, яких необхідно враховувати, але які залишаються некерованими для системи через фактор людини.

Відповідно до цього в системі ЛАДС коректно розглядати модель підсистеми «Автомобіль – Людина – Середовище» (АЛС) не тільки з точки зору визначених фіксованих факторів, але й з точки зору існування особливих умов з швидкозмінними та керуючими факторами, які впливають на складову підсистеми – «Автомобіль». Тобто, модель повинна контролювати кількісні значення небезпечних факторів, знати, як впливати на об'єкт і мати виконавчі органи впливу.

Розглядаючи надану модель, встановлено, що функція безпеки АТЗ ( $F_6$ ) у транспортному процесі узагальнено може бути записана у наступному вигляді:

$$F_6 = f(x_i) \wedge f((x_i) \wedge (Y_i P_j Z)) \quad (1)$$

де  $f(x_i)$  – функція безпеки від факторів небезпеки АТЗ  $x_i$ ;  $f((x_i) \wedge (Y_i P_j Z))$  – функція безпеки від спільно діючих факторів небезпечного середовища ( $Y_i, P_j, Z$ ) з факторами  $x_i$ .

При цьому безпека АТЗ у транспортному процесі визначається функцією безпеки, що залежить від чинників небезпеки самого АТЗ  $f(x_i)$  або функцією безпеки, яка залежить від спільно діючих факторів небезпеки «Середовища» і АТЗ.

Зокрема, математичний запис функції безпеки АТЗ ( $F_6$ ) (1) дозволяє визначити черговість реалізації цієї функції.

Методологічно виправдану послідовність забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі можна розглядати через систему експлуатаційних вимог безпеки АТЗ з урахуванням впливу фактора людини, які полягають у послідовному обґрунтуванні алгоритмів прийняття рішень за результатами контролю.

У процесі дорожнього руху водій змушений час від часу змінювати режим руху АТЗ, що викликано рядом факторів, а саме: для режиму вільного безпечного руху АТЗ – геометричними параметрами вулично-дорожньої мережі; станом покриття дороги; схемою організації дорожнього руху; параметрами АТЗ; психофізіологічним станом водія й ін. Для режиму безпечного руху АТЗ у складі транспортного потоку необхідна модель з урахуванням того, що безпека АТЗ є відкритою динамічною системою, яка складається з кінцевого числа АТЗ, які беруть участь у транспортному процесі. Для цього обґрунтовано застосування імітаційного моделювання для дослідження системи безпеки АТЗ і оцінки різних стратегій, що забезпечують безпечне функціонування даної системи з урахуванням фактора людини.

Для безпеки АТЗ у транспортному процесі водій прагне керувати АТЗ без зіткнень з іншими АТЗ, тобто водії повинні вибирати швидкість, яка не вища, ніж безпечна швидкість  $V_{\text{без}}$ :

$$V < V_{\text{без}} \quad (2)$$

Для коректності розгляду безпеки АТЗ розумно також припустити, що прискорення ( $a$ ) і гальмування ( $b$ ) АТЗ обмежені:

$$b \leq \frac{dV}{dt} \leq a \quad (3)$$

Розглянута модель, яка виробляє перетворення безпечного стану АТЗ у транспортному потоці через кожен дискретний крок за часом  $\Delta t$ . Для такої моделі всі вищевикладені обмеження можна сформулювати у вигляді:

$$V(t + \Delta t) \leq \min[V(t) + a\Delta t, V_{\text{без}}], \quad (4)$$

де  $V_{\text{без}}$  – безпечна швидкість обчислюється виходячи з обмеження:

$$V_{\text{без}} \geq V(t) + b\Delta t. \quad (5)$$

Як тільки визначено  $V_{\text{без}}$ , нерівність (2) у моделі задає схему перетворення стану транспортного потоку при виборі найвищої швидкості у відповідності з обмеженнями.

Розглядаючи модель безпеки АТЗ у транспортному процесі змодельована взаємодія двох АТЗ: лідера, розташованого в точці  $x_l$ , який має швидкість  $V_l$ , і веденого АТЗ, який має швидкість  $V_s$  з координатою  $x_s$ . Якщо довжина АТЗ дорівнює 1, то інтервал ( $g$ ) між автомобілями обчислюється за виразом:  $g = x_l - x_s - 1$ . Тобто, інтервал  $g$  завжди повинен бути позитивним. Зокрема, АТЗ у неперервної моделі не будуть стикатися, якщо інтервал  $g$  між лідером і веденим АТЗ більший, ніж якийсь бажаний інтервал  $g_b$ , тобто, можна отримати наступну нерівність:

$$\frac{dg}{dt} > \frac{g_b - g}{\tau_b} \quad (6)$$

де  $\tau_b$  – бажаний час реакції водія.

Бажаний час реакції водія  $\tau_b$ , пов'язаний з фактором людини  $t_{флб}$  і бажаний інтервал  $g_b$  можуть бути функціями від дистанції між АТЗ і від їх швидкостей. Відсутність зіткнень у даній моделі очевидна, оскільки для інтервалу  $g = 0$  похідна за часом від  $g$  завжди позитивна в силу наявності  $g_b$ . Тоді умову безпеки АТЗ у транспортному процесі можна звести до наступного:

$$V_l - V_s \geq \frac{V_l \tau - g}{\frac{V_l + V_s}{2b} + \tau} \quad (7)$$

при цьому:

$$\frac{dg}{dt} = V_l - V_s \quad (8)$$

Звідси випливає, що нерівність (6) приймає форму нерівності (8) з бажаним інтервалом  $g_b = V_l \tau$  (де  $\tau$  – час реакції водія) і бажаним часом реакції водія:  $\tau_b = \tau_b + \tau$ . Параметр часової шкали було визначено як  $\tau_b = \frac{(V_l + V_s)}{2b}$  за допомогою

типових негативних прискорень  $b$ , які вибирає водій АТЗ.

Одержані нерівності слід змінити для отримання схеми перетворення швидкостей АТЗ у дискретні моменти часу. Використання дискретних часових кроків, крім того, привносить у імітаційну модель ефект кінцевого часу реакції водія. Виходячи з безпечної умови, найбільш природній шлях побудови схеми перетворення – це інтерпретувати швидкість  $V_s$  у виразі (7) як функцію від кроку за часом  $t + \Delta t$ , що приводить до наступного виразу:

$$V_s(t + \Delta t) \leq V_l(t) + \frac{g(t) - g_b(t)}{\tau_b(t)} \quad (9)$$

Безпека АТЗ у моделі буде підкорятися цьому правилу. Просторова координата  $X$  АТЗ буде перетворена у відповідності:

$$X(t + \Delta t) = X(t) + V(t + \Delta t)\Delta t. \quad (10)$$

Гарантією наявності безпеки АТЗ у транспортному процесі є умова того, що для  $\Delta t \rightarrow 0, g_6 \geq 0$ .

Крім випадкових флуктуацій, кожен АТЗ рухається з найбільшою можливою швидкістю згідно з попередніми обмеженнями:

$$\begin{aligned} V_6(t) &= \min[V_{\text{макс}}, V(t) + a(V)\Delta t, V_{\text{без}}(t)], \\ V(t + \Delta t) &= \max[0, V_6(t) - \eta], \\ X(t + \Delta t) &= X(t) + V\Delta t. \end{aligned} \quad (11)$$

Для вибору бажаного інтервалу  $g_6$  введено припущення, що  $g_6 = \tau V_a$ , яке не передбачає зіткнення. Для врахування відхилення від заданої стратегії руху введено випадкове збурення  $\eta > 0$ . Тоді максимальну безпечну швидкість АТЗ у транспортному процесі можна представити у наступному вигляді:

$$V_{\text{без}}(t) = V_l(t) + \frac{g(t) - g_6(t)}{\tau_b + \tau}. \quad (12)$$

Якщо вважати максимальне прискорення ( $a$ ) й максимальне уповільнення ( $b$ ) постійними величинами, часовий крок  $\Delta t$  рівним часу реакції водія ( $\tau$ ), тоді одиницею часу буде  $\tau$ , яка приймається рівним одній секунді. «Довжина» АТЗ не є його фізичною довжиною, а дорівнює розміру простору, який займає АТЗ у щільній пробці. На кроці рандомізації під час руху кожен АТЗ буде сповільнюватися за допомогою випадкової величини  $\eta$ , яка рівномірно розподілена на відрізьку між 0 та ( $\varepsilon a$ ), де параметр  $\varepsilon$  – випадкова величина, що рівномірно розподілена на відрізьку між 0 і 1. Отже, перетворення моделі можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} V_6 &\rightarrow \min[V_{\text{макс}}, V + a, V_{\text{без}}], \\ \max[0, \text{rand}[V_{\text{без}} - \varepsilon a, V_{\text{без}}]] &\rightarrow V, \\ X + V &\rightarrow X, \end{aligned} \quad (13)$$

де  $V_6$  – обчислюється з використанням формули (11), а  $\text{rand}[x_1, x_2]$  позначає випадкове число в інтервалі між  $x_1$  і  $x_2$ .

При моделюванні безпеки АТЗ у транспортному процесі на одній смузі прийнято припущення про еталонну рівність усіх максимальних швидкостей, оскільки швидкі АТЗ змушені знижувати швидкість при русі за повільними АТЗ, що призводить до формування черги АТЗ. Для багатосмугового руху існує постійна взаємодія між групами різних АТЗ, яка обумовлена відмінністю у максимальній

бажаній швидкості між АТЗ різних марок. Тобто, імітація моделі безпеки АТЗ здійснюється шляхом багаторазового аналізу стану всіх АТЗ, які рухаються в транспортному потоці.

Обґрунтуванням оцінки впливу різноманіття зовнішніх і внутрішніх факторів на безпеку АТЗ у транспортному процесі, як складної багатофакторної системи, можуть бути структурні параметри, які впливають на критерій, що характеризує систему в цілому. При цьому критерієм оцінки безпеки АТЗ при русі прийнято кількість порушень водієм АТЗ правил дорожнього руху (ПДР) на певній ділянці автодороги протягом заданого часового інтервалу, тобто, маємо безпосередній вплив на безпеку АТЗ фактора людини.

Оскільки безпека АТЗ у транспортному процесі є складною багатофакторною системою, то на першому етапі передбачено відсів малозначних факторів і виявлення визначальних чинників. Відповідно до цього використано математичний апарат багатофакторного регресійного аналізу.

Відсів малозначних факторів виконано таким чином, що для кожної перетвореної функції проводиться парний кореляційний аналіз та розраховуються парні коефіцієнти кореляції, які відображають взаємозв'язок факторів  $x$  з відгуком моделі  $y$ .

За допомогою критерію Стюдента визначено значимість коефіцієнта кореляції. Коректність отриманої моделі оцінюється за допомогою  $F$ -тесту або критерію Фішера. При цьому розраховується величина  $F$ -тесту для кожної зі змінних. Найменша величина  $F$ -тесту, що позначається  $F_L$ , порівнюється із заздалегідь обраним рівнем значущості, позначених  $F_o$ . Згідно з цим маємо наступні дві умови:

1. Якщо  $F_L < F_o$ , то змінна  $X_L$ , яка пов'язана з  $F_L$ , виключається з розгляду і провадиться перерахунок рівняння регресії з урахуванням змінних, що залишаються.
2. Якщо  $F_L > F_o$ , то залишають регресійне рівняння таким, як воно обчислено.

Відомо, що критерій  $F_L$  визначається відношенням більшої виправленої дисперсії до меншої.

При обробці результатів отримуємо з числа досліджених значень  $X$  лінійну залежність  $Y$  між відгуком і нелінійно мінливими факторами:

$$Y = f_1(X) + f_2(X) + \dots + f_n(X). \quad (14)$$

Рівняння множинної регресії отримано у вигляді:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots, \quad (15)$$

де  $b_0$  – коефіцієнт при вільному члені рівняння регресії;  $b_1$  – інші коефіцієнти.

Таким чином, при аналізі складних систем, до яких входить і система безпеки АТЗ у транспортному процесі, регресійному аналізу піддаються тільки ті фактори, які виявляються найбільш значимими. Відповідно до цього модель безпеки АТЗ у транспортному процесі заснована на наступному: в процесі функціонування системи

ЛАДС функція зміни будь-якого параметра безпеки АТЗ відбувається стрибкоподібно в дискретні моменти часу і залишається безперервною у проміжках між стрибками. При цьому стрибкоподібна зміна безпеки АТЗ не є спонтанною, а обумовлена певними причинами, які формально викликають стрибки функції будь-якого параметра з урахуванням певних характеристик транспортного потоку.

**У третьому розділі** обґрунтована концепція безпеки АТЗ у транспортному процесі, яка визначає стратегію відповідних рішень і дій на всіх стадіях «життєвого циклу» АТЗ, що являє собою сукупність підходів і методів, які дозволяють науково обґрунтувати пропозиції щодо вдосконалення системи безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини, вдосконалення системи профілактики дорожньо-транспортного травматизму на основі системного аналізу схильності водіїв АТЗ до створення аварійних ситуацій та мінімізації кількості постраждалих від ДТП, що є науковою новизною дослідження.

З'ясовано, що створити повну математичну модель безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини проблематично через безліч взаємозв'язків, які неможливо описати в термінах класичної чіткої логіки. Для вирішення зазначеної проблеми використано метод нечіткої логіки, тобто, системи, яка узагальнює класичну двозначну логіку міркувань в умовах невизначеності, дозволяє підлаштовуватися під манеру керування водія АТЗ та застосовує схожі людські поняття.

Для реалізації принципів нечіткої логіки при зміні швидкості АТЗ у різних ситуаціях застосовується поняття «лінгвістична змінна» (ЛЗ), значеннями якої є не числа, а слова використовуваної мови, так звані «терми». Запропоновано змінну «швидкість», яка може мати значення «висока», «середня», «низька». Фрази, значення яких бере змінна, в свою чергу, називаються іменами нечітких змінних.

Значення ЛЗ визначаються через нечітку множину (НМ), яка, в свою чергу, визначена на деякому базовому наборі значень або базової числової шкали, що має розмірність. Кожне значення ЛЗ визначається як нечітка множина (наприклад, НМ «висока швидкість»).

Нечітка множина визначається через деяку базову шкалу  $B$  і функцію приналежності НМ –  $\mu(x)$ ,  $x \in B$ , має значення на інтервалі  $[0..1]$ . Тобто, нечітка множина  $B$  – це сукупність пар виду  $(x, \mu(x))$ , де  $x \in B$ . Також  $B$  можна представити у наступному вигляді:

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu(x_i)}, \quad (16)$$

де  $x_i$  —  $i$ -е значення базової шкали.

Функція приналежності визначає суб'єктивну міру впевненості водія у тому, що дане конкретне значення базової шкали відповідає визначеній НМ.

Розглянуто нечітку категорію «середня швидкість». У класичній теорії безліч  $A$  «середня швидкість» можна сформулювати або перерахуванням значень середніх швидкостей АТЗ, або введенням в розгляд характеристичної функції  $f$ , такої, що для будь-якого об'єкта  $X$ :

$$f(X) = \text{ІСТИНА тоді та тільки тоді, коли } X \in A. \quad (17)$$

У нашому випадку ця функція може відбирати значення швидкості, які менше 90 км/год (згідно з ПДР):

$$P_{90}(X) = \begin{cases} \text{ІСТИНА, якщо } CAR(X) \text{ та } SPEED(X) < 90 \text{ км / год} \\ \text{НЕПРАВДА, в іншому випадку} \end{cases}. \quad (18)$$

Використовуючи предикат  $CAR(X)$  і функцію  $SPEED(X)$ , можна сформувати множину, елементами якої є тільки ті елементи множини  $CAR$ , швидкість яких менше 90 км/год:

$$\{ X \in CAR \mid SPEED(X) < 90 \}. \quad (19)$$

Якщо представити всю множину «середніх швидкостей», то межі цієї множини повинні бути розмиті, а належність елементів цієї безлічі повинна бути якимось чином ранжирувана.

Візьмемо до уваги, що кожен АТЗ множини «середня швидкість» типовий для даної категорії. Отже, за допомогою деякої функції можна виразити ступінь приналежності елемента до множини. Якщо для об'єкта  $X$  функція  $\mu(X) = 1$ , то цей об'єкт безумовно є членом множини, а якщо для нього  $\mu(X) = 0$ , то він безумовно не є членом множини. Всі проміжні значення  $\mu(X)$  виражають ступінь належності до множини.

При розгляді безпеки АТЗ у транспортному процесі потрібна функція, що оперує зі швидкістю. Її можна визначити таким чином, що  $f_{Exp}(30 \text{ км/год}) = 0$  і  $f_{Exp}(90 \text{ км/год}) = 1$ , а всі проміжні значення представляються деякою монотонною кривою, що має значення в інтервалі  $[0, 1]$ .

Для визначення безлічі  $EXP\_CAR$  АТЗ з середньою швидкістю, на підставі наведеної вище функції, можна ввести нову характеристичну функцію, визначену на множині всіх АТЗ:

$$f_{EXP\_CAR}(X) = f_{Exp}(SPEED(X)). \quad (20)$$

Членами цієї множини стають пари (об'єкт, ступінь), наприклад:  $EXP\_CAR = \{(Subaru, 0,9), (Toyota, 0,7), (Kia, 0,3)\}$  (рис. 1).



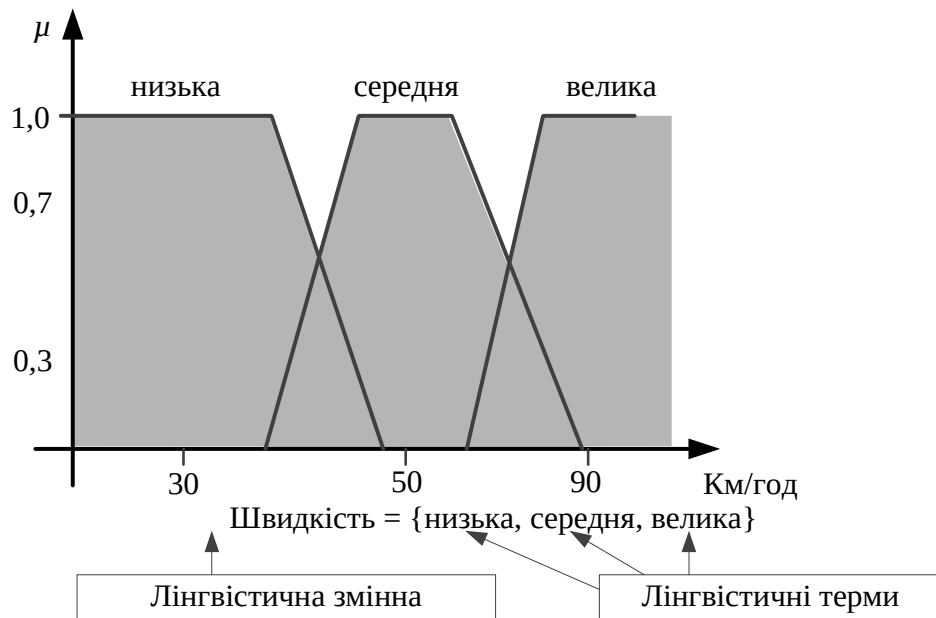


Рисунок 1 – Лінгвістична змінна «Швидкість» АТЗ

Для одночасного урахування величезного різноманіття інформації, різних обставин і ситуацій, характеристик керуючих впливів водія, зовнішнього середовища і механізмів АТЗ розроблено систему управління безпекою АТЗ, в основі якої лежить так звана «штучна нейронна мережа» і яка подібна до процесів мислення людини з використанням нечіткої логіки. Встановлено, що для безпечного керування АТЗ штучна нейронна мережа, враховуючи множину факторів, видає рекомендації з мінімальною помилкою.

Помилка на виході, коли значення регульованого параметра дано, представлена у вигляді:

$$\varepsilon(\underline{x}, t) = [t(i) - y(\underline{x})]^2, \quad (21)$$

де  $y(\underline{x})$  – вихідна величина;  $t(i)$  – необхідне значення параметра  $i$ .

Розглянемо один з виходів штучної нейронної мережі. Очікувана похибка для значень представлена у вигляді:

$$E\left\{\varepsilon(\underline{x}, t) \middle| i\right\} = \int_{-\infty}^{+\infty} [t(i) - y(\underline{x})]^2 f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) d\underline{x}, \quad (22)$$

де  $f_{\underline{x}}(\underline{x} | i)$  – умовна щільність вхідного сигналу.

Помилка, отримана за весь час тренування, дорівнює:

$$\xi = \sum_{i=1}^T E\left\{\varepsilon\left(\frac{\underline{x}, i}{i}\right)\right\} p(i), \quad (23)$$

де  $p(i)$  являє собою апріорну ймовірність значень  $i$  (рис. 2).

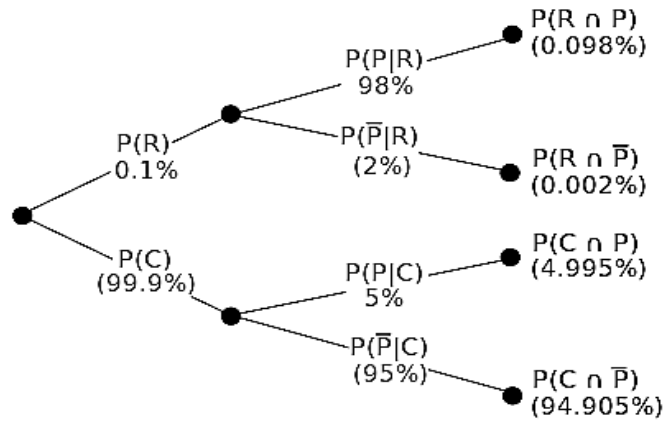


Рисунок 2 – Деревоподібна діаграма демонструє приклад, при цьому R, C, P і  $\bar{P}$  з ризикою – це події, які є рідкісними, загальними, зразковими і незразковими

Відзначимо, що значення трьох незалежних подій дано, тому можливо обчислити зворотне дерево. Вирішуючи спільно рівняння (22) і (23), одержимо:

$$\xi = \sum_{i=1}^T \int_{-\infty}^{+\infty} [t(i) - y(x)]^2 f_x \left( \frac{x}{i} \right) dx \cdot p(i). \quad (24)$$

Змінюючи порядок підсумовування, інтеграл у рівнянні (24) і застосовуючи теорему Байєса, отримаємо:

$$f_x \left( \frac{x}{i} \right) p(i) = p \left( \frac{i}{x} \right) \cdot f_x(x), \quad (25)$$

$$\xi = \int \sum_{i=1}^T [t(i) - y(x)]^2 p \left( \frac{i}{x} \right) f_x(x) dx. \quad (26)$$

Позначимо внутрішню частину підінтегральної функції наступним чином:

$$\beta = \sum_{i=1}^T [t(i) - y(x)]^2 p \left( \frac{i}{x} \right). \quad (27)$$

Для конкретного значення точки  $\underline{x}$ , вихід є постійним  $y(\underline{x}) = c$ . Підставляючи це постійне значення у рівняння (27), а потім мінімізуючи значення по відношенню до вхідної величини, отримаємо:

$$\frac{d\beta}{dc} = \sum_{i=1}^T -2[t(i) - c] p \left( \frac{i}{x} \right) = 0. \quad (28)$$

Рішення рівняння (28) є виходом  $y(x)$ , який відповідає мінімуму помилки:

$$y(x) = c = \sum_{i=1}^T t(i) p\left(\frac{i}{x}\right). \quad (29)$$

Отримуючи значення  $p\left(\frac{i}{x}\right)$  з рівняння (25) і підставляючи в (29), отримаємо:

$$y(x) = \sum_{i=1}^T t(i) \frac{f_x\left(\frac{x}{i}\right) p(t_i)}{f_x(x)}. \quad (30)$$

Згідно з теоремою про повну ймовірність щільність вхідного сигналу можна записати у вигляді:

$$f_x(x) = \sum_{i=1}^T b_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i). \quad (31)$$

Підставивши рівняння (31) у (30), отримаємо:

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{i=1}^T t(i) b_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i)}{\sum_{i=1}^T t(i) b_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i)}. \quad (32)$$

Для функціональної апроксимації це рівняння використовується безпосередньо, однак за умови роботи штучної нейронної мережі значення мають 1 або 0 і тоді рівняння (32) перетворено в такий спосіб:

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{\text{нуль}(t(i))=0} f_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i) + \sum_{\text{один}(t(i))=1} b_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i)}{\sum_{\text{нуль}0} f_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i) + \sum_{\text{один}1} f_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i)}. \quad (33)$$

Якщо в штучних нейронних мережах ефект дають значення 0 або 1, то на виході системи, яка забезпечує середньоквадратичну помилку, отримаємо:

$$\hat{y}(x) = \left[ \frac{\sum_{\text{нуль}} b_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i)}{\sum_{\text{один}} f_x\left(\frac{x}{i}\right) p(i)} \right]. \quad (34)$$

Таким чином  $\sum_{\text{нуль}}$  являє собою суму всіх нулів на вході, а  $\sum_{\text{один}}$  – відповідно суму всіх одиниць. Це впливає з рівняння (34). Якщо кількість значень нулів буде

більша, ніж число значень одиниць, тобто  $\Sigma_{\text{нуль}} \gg \Sigma_{\text{один}}$ , то вихідне значення буде мати нульове значення, або навпаки (рис. 3).

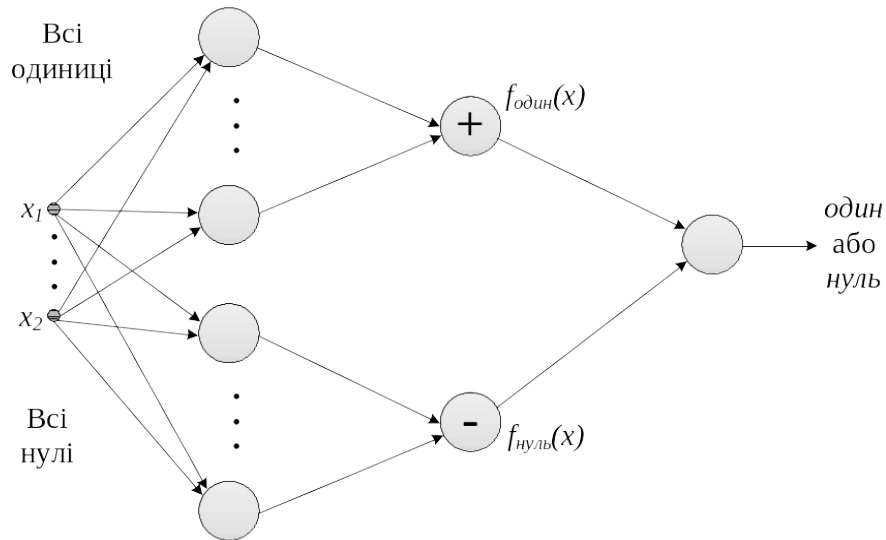


Рисунок 3 – Схема реалізації системи, що забезпечує мінімум середньоквадратичної помилки

Наведене дає змогу отримати модель системи контролю і керування АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини в наступному вигляді (рис. 4).

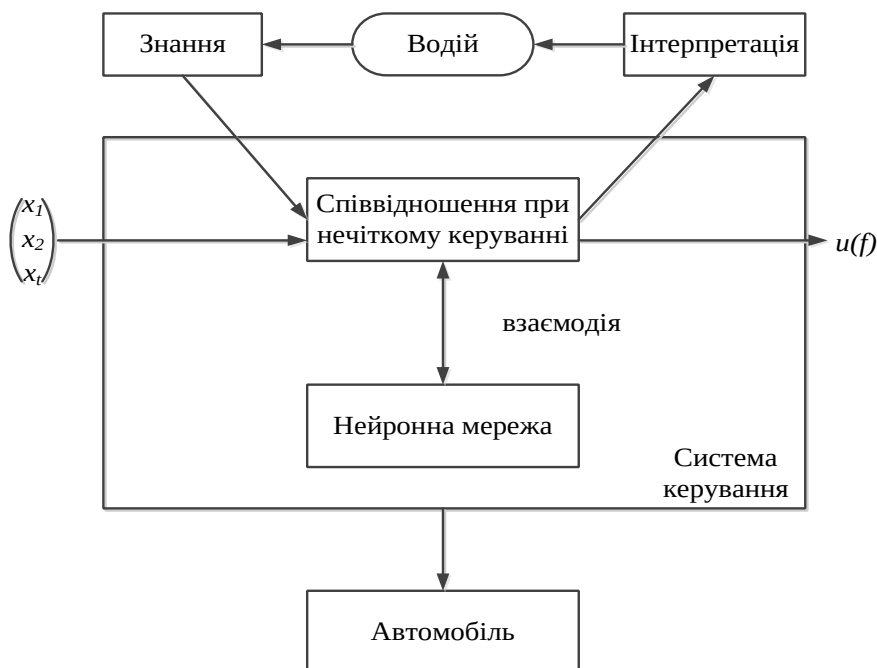


Рисунок 4 – Схема моделі системи контролю і керування АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини

Слід зазначити, що у наведеній моделі не можна повністю виключити фактор людини (водія), оскільки штучна нейронна мережа поступається нейронній мережі людини і не може гнучко реагувати на раптові зміни навколишнього середовища, технічного стану АТЗ та дорожньої обстановки у транспортному процесі. Тобто, водій АТЗ виступає в ролі керуючої системи безпеки АТЗ у транспортному процесі, яка в умовах безперервних перешкод виконує функції прийому і переробки інформації, формує керуючий сигнал і за допомогою ефекторів людини (водія) впливає на безпеку АТЗ.

Обґрунтовано, що безпека АТЗ у транспортному процесі залежить від сприйнятої водієм інформації про розташування учасників дорожнього руху, зміни навколишнього середовища та дорожнього руху, яка відображається у центральній нервовій системі водія. Оскільки водій може одночасно сприймати інформацію зоровими та слуховими аналізаторами, обробка яких вимагає активного зосередження уваги, то його можна розглядати як багатоканальну систему прийому інформації, що можна проілюструвати наступною схематичною моделлю прийняття рішення (рис. 5).

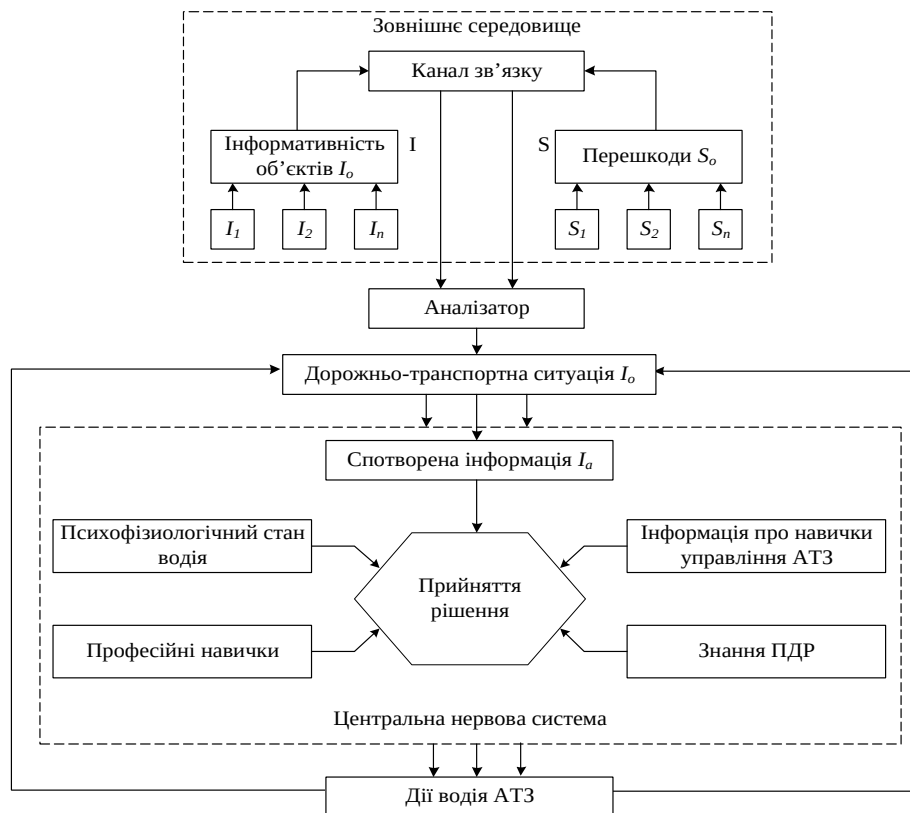


Рисунок 5 – Блок-схема прийняття рішення водієм АТЗ у транспортному процесі

При прийнятті водієм АТЗ рішення, інформативність групи об'єктів, що характеризуються поєднанням інформаційних параметрів  $I_1, I_2, \dots, I_n$ , у сукупності утворюють інформативність дорожньо-транспортної ситуації, тобто вихідну інформацію  $I_o$ . У процесі передачі вихідної інформації відбувається її спотворення в

результаті дії перешкод  $S_1, S_2, \dots, S_n$  і їх поєднання  $S_o$ . Ці спотворення, що супроводжують весь процес сприйняття, є результатом дії джерел перешкод на всіх проміжних етапах. При цьому вихідна інформація про дорожньо-транспортні ситуації може зазнавати спотворення як за окремими об'єктами, так і за всією картиною у сукупності.

Оскільки з'ясовано, що у центральну нервову систему водія надходить перекручена інформація  $I_a$ , то вона відрізняється від істинної на величину, що залежить від інтенсивності дії перешкод і проникності середовища:

$$I_a = K_k K_a \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{ij} \right], \quad (35)$$

де  $I_a$  – перекручена інформація;  $K_k$  – коефіцієнт спотворення інформації в каналі зв'язку;  $K_a$  – коефіцієнт спотворення інформації в аналізаторі;  $I_{ij}$  – сукупність інформаційних параметрів;  $S_{ij}$  – інформація під впливом перешкод.

Інформація, що надійшла до водія, супроводжується порівнянням можливих варіантів рішень на основі вироблених водієм навичок, його психофізіологічного стану, знання водієм ПДР. Тобто, процес формування перцептивних образів у свідомості водія АТЗ, аналіз сприйнятої водієм інформації, прийняття водієм рішення можна розглядати як безперервні процеси, що постійно впливають на забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі.

**У четвертому розділі** досліджено закономірності впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі, що є науковою новизною дослідження.

Обґрунтовано, що водій вносить у систему безпечного керування АТЗ деяку невизначеність у її функціонування, оскільки він виконує функції з обробки сприйнятої інформації від навколишнього середовища та прийняття рішення щодо безпеки АТЗ у транспортному процесі. Відповідно до цього безпека АТЗ у транспортному процесі неможлива без своєчасного виявлення надійності роботи водія, що обумовлено складним комплексом взаємозалежних факторів, які взаємопов'язані і взаємозумовлені, які об'єднуються через фактор людини і на які впливає інформаційна картина навколишнього середовища за допомогою процесу розподілу інформації.

У транспортному процесі надійність роботи водія АТЗ значною мірою залежить від стану його здоров'я, індивідуально-психологічних особливостей, виробничих, соціальних характеристик середовища тощо. Для прогнозування надійності роботи водія АТЗ розглянуто соціально-психофізіологічну надійність роботи водія (СПНРВ) – показник фактора людини (водія), що визначає рівень загальної культури, психофізіологію та здатність водія сприймати й переробляти інформацію з метою безпечного керування АТЗ у транспортному процесі. Показник може змінюватися від 1 до 0.

Для визначення СПНРВ у транспортному процесі обрано два основних напрями дослідження: по-перше, сприйняття водієм АТЗ динамічних подій при

дорожньому русі, пов'язаних з його зоровим сприйняттям; по-друге, вплив часу психомоторної реакції (ЧПР) водія на безпеку АТЗ у транспортному процесі.

Дорожніми випробуваннями з'ясовано механізм зорового сприйняття водія під час руху АТЗ через ГПЗ (рис. 6).



Рисунок 6 – Дослідження зорового сприйняття об'єктів водієм АТЗ у транспортному процесі за допомогою мобільного обладнання для окулографії

Досліджуючи інформаційне бачення водія, отримано коефіцієнт інформаційного бачення водія:

$$K_{i6} = K_{CA} (C_1, C_2), \quad (36)$$

де  $K_{i6}$  – коефіцієнт інформаційного бачення водія АТЗ під час дорожнього руху;  $K_{CA}$  – коефіцієнт складності автодороги;  $C_1$  – результат процесу зорового сприйняття, який залежить від сприйняття водієм інформації про об'єкт;

$C_2$  – СПНРВ, що забезпечує зорове сприйняття, яке залежить від кутового просторового видалення площини інформаційного об'єкта та від напрямку уваги й зовнішніх факторів на автодорозі.

Для моделювання безпеки АТЗ у транспортному процесі через зорове сприйняття водія розглянуто математичну модель деформації і швидкості деформації образу дорожнього об'єкта на сітківці очей водія АТЗ.

Для цього перетворено декартові координати  $Z_1, Z_2, Z_3$  в перспективні  $X_1, X_2$ , де  $f$  – фокусна відстань, тоді:

$$\begin{cases} X_1 = \frac{fZ_1}{Z_3} \\ X_2 = \frac{fZ_2}{Z_3} \end{cases} \quad (37)$$

Якщо в певній системі координат зазначено відповідність текстурних елементів поверхонь навколишнього середовища і частинок сітківки в момент часу  $t$ ,

то вважається, що в цей момент визначена конфігурація системи «середовище – сітківка». Якщо початкова  $X_1$ ,  $X_2$  і кінцева  $x_1$ ,  $x_2$  системи координат пов'язані з сітківкою, то в початковому стані частка образу розташована в деякій точці і має радіус-вектор:

$$X = X_1 i_1 + X_2 i_2 \quad (38)$$

У момент часу  $t$  частка займе інше положення з радіус-вектором:

$$\bar{x} = x_1 \bar{e}_1 + x_2 \bar{e}_2 \quad (39)$$

Для опису деформації образу дороги в полі зору водія використані сумісні осі координат. При деформації образу деякої області поверхні середовища рух його частин у двовимірному просторі можна описати рівняннями наступного виду:

$$x_i = x_i(X_1, X_2, t) \quad (40)$$

Рівняння (40) задає відповідність між положенням точок у початковому ( $X_1$ ,  $X_2$ ) і кінцевому ( $x_1$ ,  $x_2$ ) станах.

З'ясовано, що для безпеки АТЗ у транспортному процесі велике значення мають рухи очей водія, тобто постійно мають місце рухи голови або очей водія, які змінюють структуру поля швидкостей.

Доведено, якщо точка частки образу нерухома відносно дороги, тоді оптичний потік в поле зору водія має вигляд:

$$\vec{v}(x_1, x_2) = V \frac{(2x_1 x_2 \cos 2\theta - f x_1 \sin 2\theta) e_1 + 2(x_2^2 \cos 2\theta - f x_2 \sin 2\theta) e_2}{2 f h} \quad (41)$$

де  $\theta$  – кут між зоровим напрямком водія і напрямком руху.

При наближенні до точки фіксації кут  $\theta$  постійно змінюється. Оскільки кут  $\theta$  залежить від часу, то поле є нестационарним. Установлено, що розподіл яскравості в полі зору водія і, отже, усереднена величина яскравості фону залежить від поля швидкостей. Якщо об'єкт рухається в тому ж напрямку, то точка фіксації випереджає фокус розширення. Якщо об'єкт рухається паралельно курсу руху АТЗ у тому ж самому напрямку зі швидкістю  $U$ , то фіксація такого об'єкта водієм призведе до наступного розподілу швидкостей у полі його зору:

$$v_1(x_1, x_2) = \frac{V(2x_1 x_2 \cos 2\theta - f x_1 \sin 2\theta) + 2U x_1 x_2 \sin^2 \theta}{2 f h} \quad (42)$$

$$v_2(x_1, x_2) = \frac{V(x_2^2 \cos 2\theta - f x_2 \sin 2\theta) + U(x_2^2 + f^2) \sin \theta}{f h} \quad (43)$$



У цьому випадку точка фіксації не збігається з «фокусом розширення Гібсона», який відображає оптичний потік для можливості сприйняття руху.

При горизонтальних рухах очей водія поле швидкостей має вигляд:

$$\vec{v}(x_1, x_2) = \frac{V(x_1 \cos \theta - f \sin 2\theta) + \frac{d\theta}{dt} h(x_1^2 + f^2)}{fh} \vec{e}_1 + \frac{Vx_2^2 \cos \theta + h \frac{d\theta}{dt} x_1 x_2}{fh} \vec{e}_2 \quad (44)$$

де  $h$  – висота об'єкта.

Дорожні випробування довели, що найважливішою умовою безпеки АТЗ у транспортному процесі поруч з рівнем кваліфікації водія є його фізичні та психофізіологічні характеристики, зорове розрізнення водієм АТЗ сигналів. Крім того, виключно важливе значення має ЧПР водія, що є інтегральним показником стану зорово-моторної системи.

Установлено, що інформаційне навантаження на водія АТЗ у транспортному процесі, психофізіологічний стан та поведінку учасників дорожнього руху, в тому числі й ДТП, можна розглядати в якості двох систем детермінації: зовнішньої і внутрішньої, де на боці першої виступають фактори ситуації, а на боці другої – фактор віктимної поведінки людини як учасника дорожнього руху. Тобто, антигромадська поведінка, при якій учасники дорожнього руху (і особливо водії) допускають різні відхилення від соціальних норм, проступки, в яких реалізуються соціальні відхилення і допускаються правопорушення, надали підстави обґрунтувати поняття: «фактор віктимності учасників дорожнього руху» як явище віктимної деформації людини, як процес перетворення конкретної людини в жертву ДТП, що потребує віктимологічної профілактики і психологічної корекції людини.

**У п'ятому розділі** розглянуто вплив природних факторів на водія та на безпеку АТЗ у транспортному процесі з проведенням практичних досліджень ГПЗ на автодорозі, що є науковою новизною дослідження.

Для забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі, запропоновано ймовірність ДТП виразити наступним чином:

$$B_{ДТП} = (B_{зф} + \Phi_{ГПЗ} + \Phi_p + N_{зк}) \cdot \Phi_l, \quad (45)$$

де  $B_{ДТП}$  – ймовірність ДТП;  $B_{зф}$  – вплив зовнішніх факторів;  $\Phi_{ГПЗ}$  – фактор ГПЗ;  $\Phi_p$  – фактор ризику;  $N_{зк}$  – змінний коефіцієнт (невідомий фактор впливу);  $\Phi_l$  – фактор людини.

З'ясовано, що експлуатація АТЗ у транспортному процесі піддається певним ризикам, які бажано звести до мінімуму. З цією метою проведено оцінку ризиків, керуючись їх ймовірнісними оцінками в процесі безпечної експлуатації АТЗ. У відносному вираженні ризик можна визначити через коефіцієнт ризику ( $R$ ):

$$R = \frac{x}{K}, \quad (46)$$

де  $R$  – коефіцієнт ризику;  $x$  – максимально можливий обсяг збитків;  $K$  – кількість коштів, здатних компенсувати ризик від ДТП.

Зокрема, з точки зору формалізації задачі, знаменник у формулі (46) не може бути рівним нулю ( $K \neq 0$ ). Введемо до розгляду показник, який враховує очікувані ризики від ДТП, віднесені до безаварійної ситуації. Позначимо коефіцієнт очікуваних ДТП через  $d_1$ , який буде представляти часткові від ділення величини збитків від ДТП до величини безаварійної роботи. Його можна визначити наступним чином:

$$d_1 = \frac{\left| \int_{-\infty}^0 xf(x) dx \right|}{\int_0^{+\infty} xf(x) dx + \left| \int_{-\infty}^0 xf(x) dx \right|}, \quad (47)$$

де  $f(x)$  – щільність ймовірності випадкової величини, яка характеризує ефективність безаварійної роботи АТЗ.

Коефіцієнт  $d_1$  може змінюватися від 0, що означає відсутність ДТП, до 1 – виникнення аварійної ситуації  $0 \leq d_1 \leq 1$ . Слід відзначити, що коефіцієнт  $d_1$  інтегрально враховує розподіл ДТП при русі АТЗ у визначеній зоні, причому нульова позначка може бути встановлена таким чином, щоб раціоналізувати систему гіпотез.

Якщо математичне очікування буде залежати від прийнятої раціональної системи гіпотез, то коефіцієнт очікуваних ДТП  $d_2$  має вигляд:

$$d_2 = \frac{\left| \int_{-\infty}^K xf(x) dx \right|}{\int_K^{+\infty} xf(x) dx + \left| \int_{-\infty}^K xf(x) dx \right|}, \quad (48)$$

де  $K$  – довільне значення показника ДТП залежно від обраної системи гіпотез. Модифікований коефіцієнт очікуваних ДТП розраховується наступним чином:

$$d_K = \frac{|M_Z^-|}{|M_Z^+| + |M_Z^-|}, \quad (49)$$

де  $Z$  – заплановане значення показників ДТП;  $M_Z^+$  і  $M_Z^-$  – відповідно ймовірні величини сприятливих і несприятливих відхилень при русі (щодо  $Z$ ).

Формально  $M_Z^+$  і  $M_Z^-$  – це умовні математичні очікування щодо відхилень, тобто:

$$\begin{aligned} M_Z^+ &= M \left( \frac{X - Z}{X \in X_Z^+} \right), \\ M_Z^- &= M \left( \frac{X - Z}{X \in X_Z^-} \right) \end{aligned} \quad (50)$$

де  $X_Z^+$  – множина задовільних умов;  $X_Z^-$  – множина незадовільних умов.

Очевидно, що  $X = X_Z^+ \cup X_Z^-$ . У дискретному випадку, а саме у випадку, коли  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , розподіл ймовірностей їх виникнення  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$   $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ .

Величини  $M_Z^+$  і  $M_Z^-$  – умовні математичні очікування, обчислюються наступним чином:

$$\begin{aligned} M_Z^+ &= \frac{1}{p^+} \sum_{i=1}^n \beta_i^+ p_i x_i - Z, \quad p^+ = \sum_{i=1}^n \beta_i^+ p_i, \\ M_Z^- &= \frac{1}{p^-} \sum_{i=1}^n \alpha_i^- p_i x_i - Z, \quad p^- = \sum_{i=1}^n \alpha_i^- p_i, \end{aligned} \quad (51)$$

де  $\alpha_i^-$  – індикатор невіддалого відхилення (щодо Z);  $\beta_i^+$  – індикатор невіддалого відхилення (щодо Z).

У разі роботи з безперервними значеннями, коли відома щільність ймовірності  $f(x)$  випадкової величини  $X$ , маємо:

$$\begin{aligned} M_Z^+ &= \frac{1}{p^*} \int_{-\infty}^{+\infty} \beta^+(x) f(x) dx - Z, \\ p^* &= \int_{-\infty}^{+\infty} \beta^+(x) f(x) dx; \\ M_Z^- &= \frac{1}{p^*} \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha^-(x) x f(x) dx - Z, \\ p^- &= \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha^-(x) f(x) dx, \end{aligned} \quad (52)$$

де  $\alpha^-(x)$  – індикатор небажаного (щодо Z) відхилення,

$$\text{тобто: } \alpha^-(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } x \text{ в сприятливу сторону } Z \\ 0, \text{ якщо } x \text{ в несприятливу сторону } Z \end{cases};$$

$\beta_i^+$  – індикатор бажаного (щодо  $Z$ ) відхилення,

$$\text{тобто: } \beta^+(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } x \text{ в сприятливу сторону } Z \\ 0, \text{ якщо } x \text{ в несприятливу сторону } Z \end{cases}.$$

У випадку, коли ризик оцінюється як відхилення від безаварійної роботи АТЗ, його мірою може слугувати коефіцієнт варіації ( $CV$ ), який можна визначити як:

$$CV(x) = \frac{\sigma(x)}{M(x)}. \quad (53)$$

У цьому випадку коефіцієнту варіації можна дати економічну інтерпретацію, а саме:  $CV$  – це величина ризику від ДТП, який припадає на одиницю очікуваного доходу в транспортному процесі.

Якщо є кілька варіантів маршрутів, то перевагу потрібно віддавати тому, у якого менший коефіцієнт варіації. У разі, якщо коефіцієнт варіації у випадках  $A$  і  $B$  однаковий, тобто:  $CV_A = CV_B$ , то слід враховувати фактор схильності до ризику людини, яка приймає рішення. За таких умов завдання стає багатофакторним з бажаним модифікуванням ситуацій, тобто завдання стає багатокритеріальним.

При формуванні безпеки АТЗ у транспортному процесі отримана модель комплексної оцінки впливу навколишнього середовища на безпеку АТЗ та визначено комплексний показник безпеки АТЗ з урахуванням впливу фактора людини:

$$K_{ATZ} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \Phi_l, \quad (54)$$

де  $K_{ATZ}$  – комплексний показник безпеки АТЗ, який визначається впливом різних  $n$  факторів дорожнього середовища ( $K_i$ );  $\Phi_l$  – фактор людини.

З'ясовано, що для забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі необхідно враховувати вплив природних магнітних полів на стан водія при керуванні АТЗ й шляхи, якими він здійснюється, тобто вплив на людину геофізичних явищ, які існують у земній мантії та навколотемному просторі, які впливають і на навколишнє середовище, і на психофізіологічний стан учасників дорожнього руху.

Обґрунтовано, що ГПЗ можна представити як прояв фізичних властивостей атмосфери, гідросфери і літосфери, глибоких сфер планети, що зумовлені структурно-речовинними неоднорідностями геологічного середовища, як результат впливу геофізичних аномалій, які виражені в зміні геофізичних параметрів навколишнього середовища – геомагнітного поля, електропровідності ґрунту,

електричного потенціалу атмосфери, рівня радіоактивності тощо. Тобто, ГПЗ – це локальні геофізичні аномалії різного походження

З наукових джерел відомо, що у людини, яка опинилася на ділянці під впливом ГПЗ, в організмі відбуваються порушення на молекулярному, білковому, клітинному рівні, змінюються: структура крові, частота пульсу, артеріальний тиск, притупляються реакція і гострота зору, збільшується реакція людини на зовнішні світлові та звукові сигнали, з'являється загальмованість, повільність тощо. Внаслідок цього, під впливом ГПЗ водієм АТЗ побачене сприймається неадекватно, зокрема, може виникнути короткочасна втрата свідомості, галюцинації. При русі в транспортному потоці водій за кермом АТЗ може отримати феномен «стоп-кадру», що може призвести до ДТП. Відповідно до цього, запропоновані наступні поняття:

*Геопатогенна зона автодороги (ГПЗА)* – ділянка автодороги, яка схильна до прояву ефекту геопатогенного впливу на психофізіологічний стан водія та на інших учасників дорожнього руху в певні періоди. ГПЗА залежить від значень геомагнітної та сонячної активності для даної географічної місцевості.

*Ефект геопатогенного впливу (ЕГПВ)* – процес впливу геопатогенної зони на психофізіологічний стан людини – учасника дорожнього руху, що проходить протягом короткочасного проміжку часу, необхідного для переходу на стабільний рівень адаптації функціональних систем організму людини. Актуальність поняття ЕГПВ обумовлена порушенням реакції зорового сприйняття учасників дорожнього руху через погіршення їх психоемоційного стану на певній ділянці дороги, що і може призвести до виникнення ДТП.

Для створення математичної моделі ділянки дороги з ГПЗ у якості критерію прийнято комплексний показник ГПЗ ділянки дороги:

$$КП_{ГПЗ} = (S_{ГПЗ} + T_{ГПЗ} + V_{ГПЗ} + D_{ГПЗ}) \cdot A_{ГПЗ} \cdot k_c, \quad (55)$$

де  $КП_{ГПЗ}$  - комплексний показник ГПЗ ділянки дороги (бал);  $S_{ГПЗ}$  - площа ГПЗ на ділянці дороги (бал);  $T_{ГПЗ}$  - час проходження ділянки ГПЗ (бал);  $V_{ГПЗ}$  - швидкість проходження ділянки (бал);  $D_{ГПЗ}$  - показник небезпеки ділянки дороги (бал);  $A_{ГПЗ}$  - показник активності ГПЗ ділянки дороги (бал);  $k_c$  - коефіцієнт електромагнітної (сонячної) активності;

Для довільної кількості ГПЗ множинних ділянок дороги математична модель має вигляд:

$$КП_{ГПЗ} = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{ГПЗi}}{L_{\partial}}, \quad (56)$$

де  $n$  - кількість ділянок дороги з ГПЗ;  $i$  – будь-який номер ділянки дороги;  $P_{гпзді}$  - показник ГПЗ для однієї точки ділянки дороги (бал);  $L_{д}$  – показник дороги та її протяжність (бал).

При розрахунку комплексного показника ГПЗ ділянки дороги ( $KП_{ГПЗд}$ ) у формулі (55) можна внести зміни, тобто, замість часу проходження ділянки дороги через ГПЗ (який проблематично заміряти через відсутність відповідного мобільного приладу при русі АТЗ) враховувати швидкість руху АТЗ на даній ділянці дороги ( $V_{ГПЗ}$ ). Зокрема, при проведенні розрахунків комплексного показника ГПЗ на ділянках доріг необхідно враховувати також і коефіцієнт електромагнітної (сонячної) активності на період скоєння ДТП, який безпосередньо впливає на фактор людини.

З урахуванням наведеного формулу комплексного показника ГПЗ ділянки дороги можна надати у спрощеному вигляді:

$$KП_{ГПЗд} = L_{ГПЗд} + D_{ГПЗд}, \quad (57)$$

при цьому:  $D_{ГПЗд} = D_n + D_{заг} + D_{пор}$ ,  $D_n = a \cdot б_n$ ,  $D_{заг} = n \cdot б_{заг}$ ,  $D_{пор} = b \cdot б_{пор}$ ,

де  $L_{ГПЗд}$  - довжина ГПЗ на ділянці дороги (бал);  $D_n$  – кількість ДТП;  $D_{заг}$  – ДТП з загиблими;  $D_{пор}$  – ДТП з пораненими;  $a$  – число подій (од.);  $n$  – число загиблих (од.);  $b$  – число поранених (од.);  $б_n$  – бал події;  $б_{заг}$  – бал загиблих;  $б_{пор}$  – бал поранених.

Тоді формула (57) матиме наступний вигляд:

$$KП_{ГПЗд} = L_{ГПЗд} + a \cdot б_n + n \cdot б_{заг} + b \cdot б_{пор} \quad (58)$$

З урахуванням коефіцієнта забезпеченості розрахункової швидкості АТЗ у ГПЗ обґрунтовано проведення кількісної оцінки впливу ГПЗ на безпеку АТЗ у транспортному процесі:

$$K_v = (K_{vp} - K_{vpГПЗ}) \Phi_l, \quad (59)$$

$$K_v < 1,0$$

де  $K_v$  – коефіцієнт забезпеченості розрахункової швидкості АТЗ у ГПЗ;  $K_{vp}$  – коефіцієнт забезпеченості розрахункової швидкості АТЗ на досліджуваній ділянці в умовах без впливу ГПЗ;  $K_{vpГПЗ}$  – коефіцієнт забезпеченості розрахункової швидкості на досліджуваній ділянці з урахуванням впливу ГПЗ на водія і безпеку АТЗ;  $\Phi_l$  – фактор людини.

Відповідно до цього комплексний показник впливу ГПЗ ділянки дороги з урахуванням розрахункової швидкості на досліджуваній ділянці та впливу фактора людини може бути визначено за формулою:

$$КП_{ГПЗд} = \frac{[(1 - K_{врГПЗ})T_{ГПЗ} \Phi_l]}{365}, \quad (60)$$

де  $T_{ГПЗ}$  – тривалість періоду ГПЗ, сут.

З'ясована електромагнітна залежність людини від ГПЗ через її нервову систему, яка являє собою єдиний, дуже складний електричний ланцюг, у якому нервові імпульси є імпульсами електричного струму. Згідно з цим вплив ГПЗ на електричні струми різних органів водія призводять до зміни його психофізіологічного стану, ЧПР, що і впливає на безпечне керування АТЗ у транспортному процесі та ймовірність ДТП.

Відповідно до цього, для позначення ділянки автодороги, яка схильна до прояву ЕГПВ на психофізіологічний стан водія АТЗ, запропоновано ввести попереджувальний знак «Небезпечна геопатогенна зона», який необхідно встановлювати за населеними пунктами (особливо на автомагістралях) згідно з пунктом 33 ПДР України та внести його в систему глобального позиціонування (GPS).

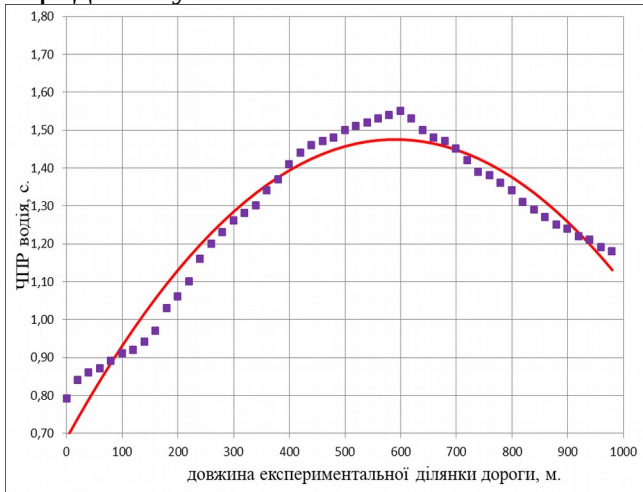
**У шостому розділі** проведено експериментальну адаптацію підходів до забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини та визначення результатів їх практичного впровадження. При проведенні дорожніх досліджень вирішено наступні задачі: отримано чисельні значення ЧПР водія АТЗ у реальних умовах; визначено закономірності впливу ГПЗ на ЧПР водія АТЗ у транспортному процесі в реальних умовах; з'ясовано, в яких межах відбувається зміна ЧПР водія АТЗ під впливом ГПЗ у реальних умовах (рис. 7).

Концептуальною підставою наявності ГПЗ була статистика місць концентрації ДТП на автошляхах. Згідно з аналізом місць небезпечних ділянок у Харківській області для дослідження була обрана автодорога «М 03 Київ-Харків-Довжанський» як частина міжнародного транспортного коридору «Європа-Кавказ-Азія», тобто ділянка окружної автодороги м. Харкова з постраждалими від ДТП і яка проходить по краю «Українського щита» через інтенсивне магнітне поле Землі з аномальною складовою.

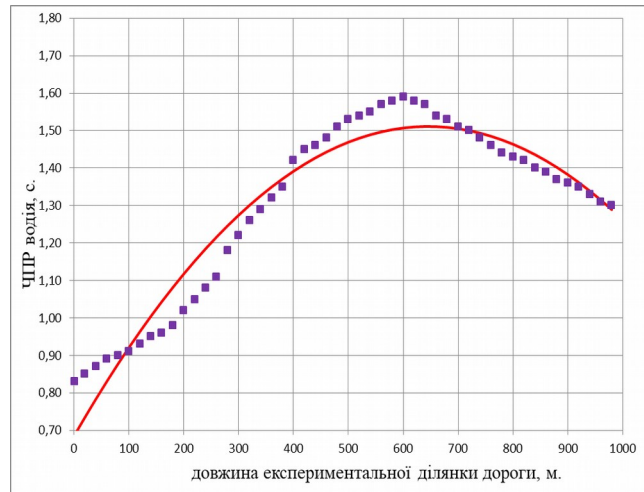
Під час дорожніх досліджень приборним методом з'ясовано, що потоки енергії в ГПЗ або менші, або більші, ніж треба для нормального функціонування організму водія. Після апроксимації числових даних отримано графіки розподілу ЧПР водія АТЗ на досліджуваній ділянці: при підході АТЗ до ГПЗ; у епіцентрі ГПЗ; при виході АТЗ із ГПЗ. Досліджено ЧПР водія АТЗ під впливом на нього ГПЗ з одночасним контролем його психофізіологічного стану, при цьому екстремум ЧПР водія АТЗ на контрольній ділянці автодороги склав 1,73 с. (рис.8).

З'ясовано, що ЧПР водія при швидкості АТЗ  $V > 90$  км/год перевищує нормативний показник на 203,5%. Тобто, ЧПР водія АТЗ збільшується у залежності від наростання потужності ГПЗ і зменшується у міру ослаблення випромінювання ГПЗ на автодорозі. При швидкості АТЗ менше, ніж  $V = 50$  км/год збільшення ЧПР водія АТЗ до небезпечного не спостерігалось. Доведено, що при дотриманні

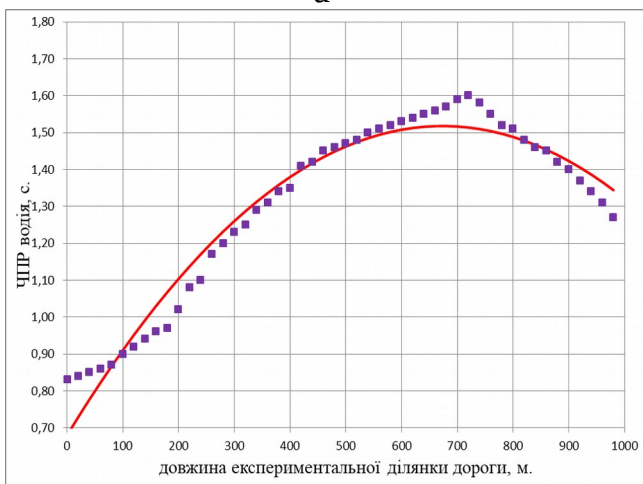
визначеного швидкісного режиму АТЗ на автодорозі з проявом ЕГПВ, ЧПР водія АТЗ зберігається у безпечних межах. Проведені дорожні експерименти є ергодічними і стаціонарними, оскільки середнє значення за часом дорівнює середньому за безліччю.



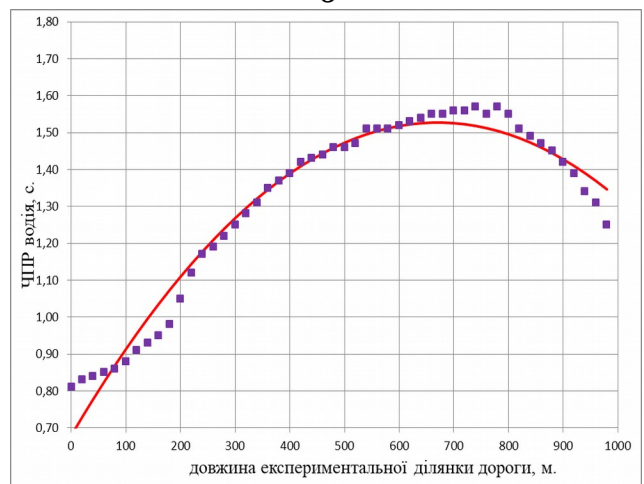
а



б

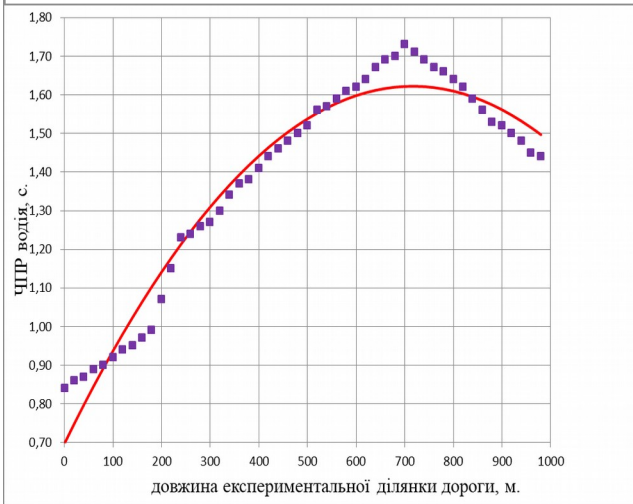
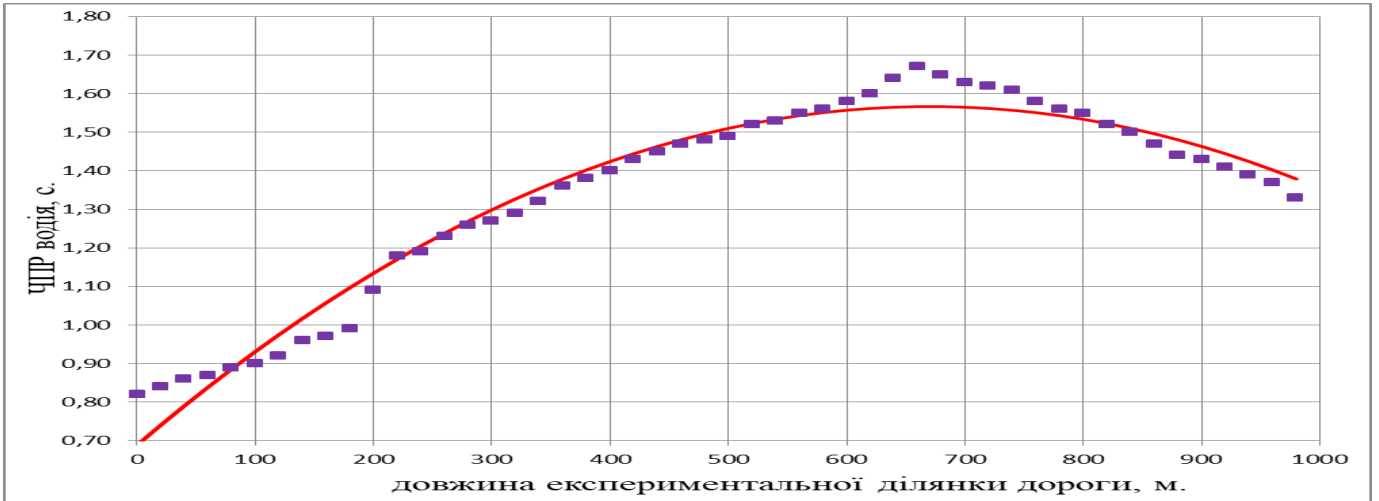


в



г



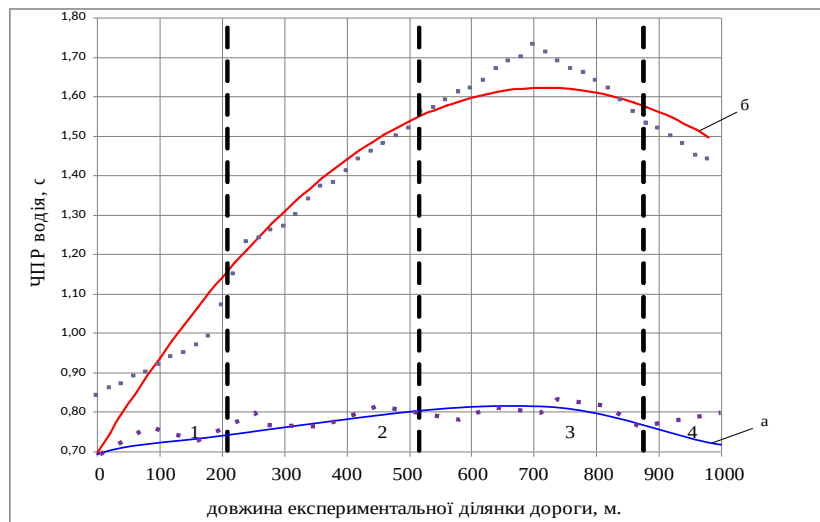


д

е

- а) - км 493+200 – км 494+200; б) - км 495+150 – км 496+150;  
 в) - км 501+250 – км 502+250; г) - км 512+040 – км 513+040;  
 д) - км 514+600 – км 515+600; е) - км 534+800 – км 535+800.

Рисунок 7 – Графік розподілу ЧПР водія АТЗ у реальних умовах під впливом на нього ГПЗ на ділянці дороги «М03 Київ-Харків-Довжанський»



1 – до ГПЗ; 2 – на початку ГПЗ; 3 – епіцентр ГПЗ; 4 – на виході з ГПЗ,  
де: а)  $V_{ATЗ} = 50\text{км/год}$ , б)  $V_{ATЗ} > 90\text{км/год}$

Рисунок 8 – Порівняльний графік розподілу ЧПР водія, при різних швидкостях руху АТЗ, у реальних умовах під впливом на нього ГПЗ на ділянці дороги «М03 Київ-Харків-Довжанський» (км 534+800 – км 535+800)

Психофізіологічний стан водія під час руху АТЗ фіксувався системою мобільного моніторингу електрокардіограми за Холтером з функцією автоматичного запису порушень серцевого ритму через електрокардіограму, артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень. Запис показників стану водія під час руху АТЗ здійснювався на магнітний носій апарату "Solvaig" з наступною розшифровкою через спеціалізований програмний комплекс у лабораторії відділення функціональної діагностики Державної установи "Національний інститут терапії імені Л.Т.Малої Національної академії медичних наук України" (рис.9).

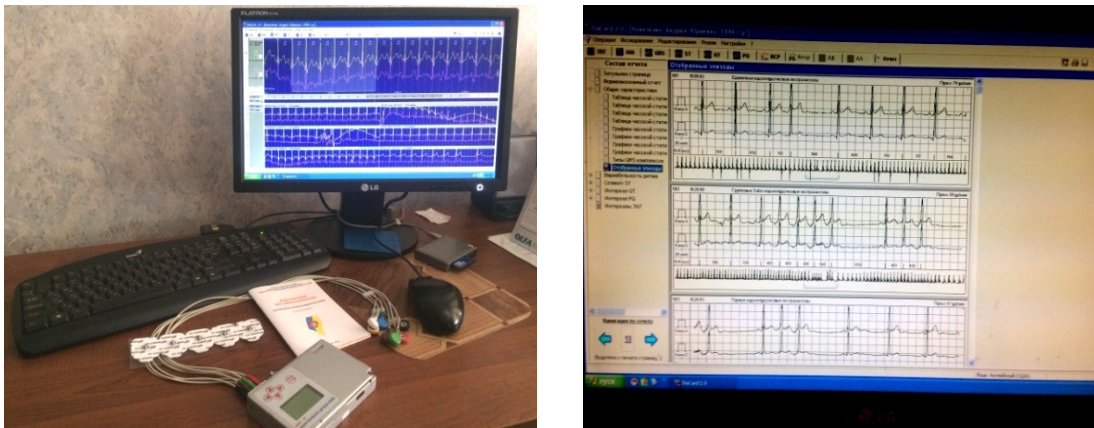


Рисунок 9 – Зовнішній вигляд екранної форми розшифровки параметрів стану водія з магнітного носія "Solvaig" на ПК

У зв'язку з тим, що числові результати експериментів розсіяні по довжині контрольної ділянки автодороги, для аналізу впливу ГПЗ на ЧПР водія АТЗ проведено згладжування експериментальних залежностей за допомогою методу найменших квадратів з отриманням рівняння другого порядку, тобто:

$$t_p = -0,00075514^2 + 0,05213838 + 0,62735612 = 0,67873936 \quad (61)$$

При цьому нев'язка склала 0,11, що свідчить про правильність обраної моделі.

Запропонований метод визначення ЧПР водія під час руху АТЗ дозволяє отримати достовірні значення на відміну від імітаційних лабораторних досліджень. Зокрема, під час дорожнього експерименту водій АТЗ бачить реальні об'єкти, що оточують АТЗ. Усі інші подразники: слухові, тактильні, вестибулярні й ін., які супроводжують звичайну роботу водія, також присутні в дорожньому експерименті.

Під час керування водієм АТЗ найгостріше проявляє себе фактор людини, тобто природні фізіологічні обмеження здатності водія сприймати в усій повноті різноманітну інформацію, ранжувати її за значимістю, швидко ухвалювати рішення та виконувати безпомилкові дії.

Доведено, що в практичній діяльності зниження інформаційного навантаження на водія АТЗ є стратегічним напрямком досліджень безпеки АТЗ у транспортному процесі. Для підтвердження цієї концепції розроблено авторські моделі, які враховують фактор людини і на які було отримано державні Патенти України.

Досліджуючи безпеку АТЗ у транспортному процесі, отримано модель штучної нейронної мережі з кодом програми для системи контролю і управління безпекою АТЗ з урахуванням впливу фактора людини (рис.10).

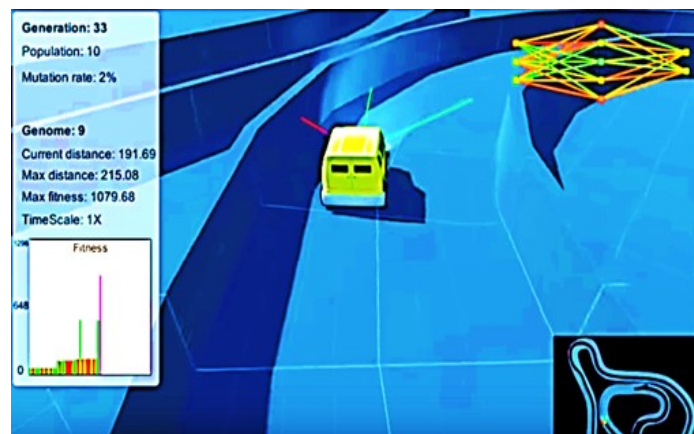


Рисунок 10 – Екранний фрагмент симуляції безпечного проїзду моделі АТЗ близько перешкод

Для безпеки АТЗ у транспортному процесі, як і взагалі для БДР, згідно з оновленою Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, де безпека в сфері автотранспорту за своєю суттю є соціальним питанням, особливе значення набуває запропонований «фактор віктимності учасників дорожнього руху».

Відповідно до цього розроблено комплекс віктимологічної профілактики, до якої входить: виявлення і вивчення причин віктимної поведінки водіїв та інших учасників дорожнього руху з урахуванням встановлених особливостей; виявлення віктимогенних ситуацій; аналіз віктимогенних ситуацій з точки зору їх нейтралізації; проведення спільних профілактичних заходів, а також реалізація запобіжних заходів, адресованих окремим групам і категоріям осіб, що пов'язано з морально-психологічними та соціальними характеристиками людини; запропонована методика психологічної підготовки водіїв АТЗ у автошколах, яка акцентована на підвищення СПНРВ шляхом вдосконалення механізму профілактичних дій з урахуванням фактора людини.

Обґрунтовано формування інформаційно-аналітичного забезпечення (ІАЗ) безпеки АТЗ (рис.11).

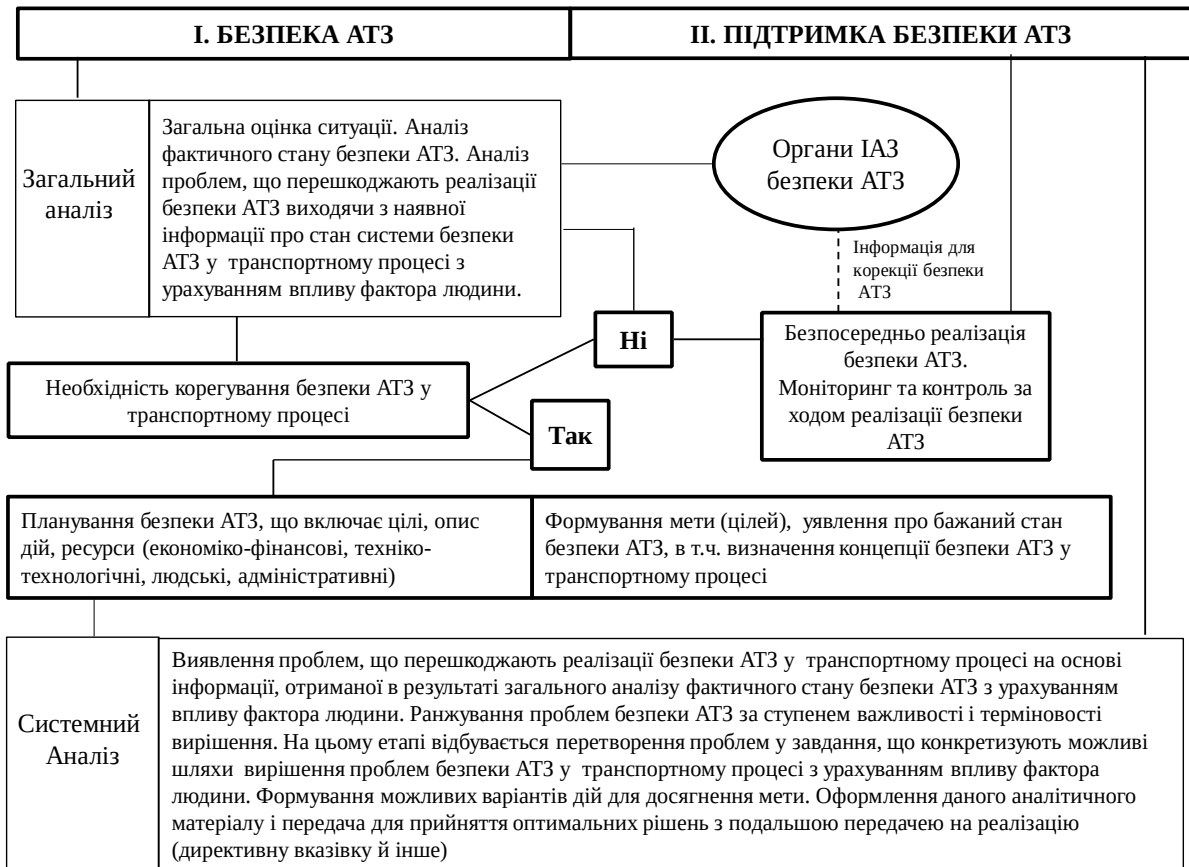


Рисунок 11 – Схема формування ІАЗ безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини

ІАЗ розглядається як підсистема інформаційної інфраструктури в сфері автотранспорту, що призначена для здійснення інформаційно-аналітичної діяльності через інформаційно-аналітичну систему «Пошук» з удосконаленим інтерфейсом для отримання інформації, необхідної для вироблення безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням фактора людини. Зокрема, складність проведення всебічного науково-практичного аналізу безпеки АТЗ вимагає необхідності організації системи ІАЗ. При цьому якість ІАЗ, що припускає збір, обробку та аналіз зібраної інформації з безпеки АТЗ для прийняття оперативного рішення, залежить від раціонального вибору і використання технологічного та методологічного інструментарію ІАЗ.

Запропонована теорія та концепція безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини створюють методологію, яка згідно з експериментальними даними дозволяє підвищити безпеку АТЗ у транспортному процесі та знизити ймовірність ДТП.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні вирішено важливу наукову проблему транспортної галузі, що виявляється у розробці загального методологічного підходу та обґрунтуванні концепції безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини. Одержані в процесі дослідження результати свідчать про реалізацію поставленої мети і завдань та дають підстави сформулювати наступні висновки:

1. За результатами аналізу аварійності на автошляхах України встановлено, що 76% причин ДТП пов'язані з фактором людини. Аналіз наукових концепцій безпеки АТЗ показав, що проблема безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини не вирішена. Публікації з досліджуваної тематики стосуються технічних питань безпеки АТЗ, але без урахування оцінки закономірностей впливу фактора людини. Це сприяє розгляду актуальної наукової проблеми – безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини на якісно новій міждисциплінарній основі з розробкою нового теоретико-методологічного забезпечення.

2. Розроблене теоретико-методологічне забезпечення безпеки АТЗ та розвинутий понятійно-категоріальний апарат, який включає такі поняття, як: «безпека АТЗ у транспортному процесі», «геопатогенні зони геофізичних аномалій», «геопатогенна зона автодороги», «ефект геопатогенного впливу», «соціально-психофізіологічна надійність роботи водія у транспортному процесі», «фактор віктимності учасників дорожнього руху», а також визначення несприятливих природних факторів, які впливають на психофізіологічний стан водія АТЗ та інших учасників дорожнього руху, дозволили обґрунтувати концепцію безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини, що являє собою сукупність підходів і методів, які дозволяють науково обґрунтувати пропозиції щодо вдосконалення системи безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини, вдосконалити систему профілактики дорожньо-транспортного травматизму на основі системного аналізу схильності водіїв АТЗ до створення аварійних ситуацій і мінімізувати кількість постраждалих у ДТП, що є науковою новизною дослідження.

3. Запропоновані показники оцінки впливу ГПЗ на психофізіологічний стан водія АТЗ у транспортному процесі, які враховують нові параметри впливу на психофізіологічний стан водія та на безпеку АТЗ, а саме: комплексний показник безпеки АТЗ; коефіцієнт складності ГПЗ, значення якого знаходяться в межах від мало небезпечних ділянок (0,15-0,35) до дуже небезпечних ділянок (більше 0,55); комплексний показник ГПЗ ділянки дороги, за допомогою якого визначаються: безпечні ділянки (10-25 балів); мало безпечні ділянки (25-95 балів); небезпечні ділянки (95-200 балів); дуже небезпечні (більше 200 балів), що є науковою новизною дослідження.

4. При перетині АТЗ контрольної ділянки автодороги з ГПЗ встановлено нові закономірності впливу ГПЗ на психофізіологічний стан водія АТЗ, що є науковою новизною дослідження. При цьому отримано екстремум ЧПР водія при русі АТЗ,

який склав 1,73 с, тобто, при перетині АТЗ через ГПЗ на швидкості  $V > 90$  км/год зафіксовано збільшення ЧПР водія на 203,5%. При перетині АТЗ через ГПЗ зі швидкістю АТЗ близько  $V = 50$  км/год, психофізіологічний стан водія АТЗ встигає перейти на стабільний рівень адаптації функціональних систем організму водія, що призводить до нормалізації ЧПР водія та забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі.

Експериментально визначено розподіл уваги водія під впливом ГПЗ під час руху АТЗ, тобто: 49% уваги водія зосереджено на перспективі автодороги, 25% уваги водія витрачено на оцінку дорожньо-транспортної ситуації, 16% уваги водія зайняло орієнтування на проїжджій частині (6% – на ліву границю смуги, 10% – на праву границю проїзної частини). Інші об'єкти уваги водія АТЗ мали випадковий характер.

5. Для імітаційної моделі безпеки АТЗ у транспортному процесі розроблено модель з програмним кодом штучної нейронної мережі для системи контролю і управління безпекою АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини, що дозволяє імітувати поведінку водіїв для безпечного управління АТЗ у транспортному потоці з мінімальною помилкою, що є науковою новизною дослідження.

6. З метою формування безпеки АТЗ у транспортному процесі запропонована інформаційно-аналітична система «Пошук» з удосконаленням інтерфейсом і розробленим механізмом інформаційно-аналітичного забезпечення безпеки АТЗ, яка передбачає системний аналіз фактичного стану безпеки АТЗ, здійснення інформаційно-аналітичної діяльності в інтересах надання інформації, необхідної для вироблення безпеки АТЗ і БДР та дозволяє безпосередньо проводити моніторинг і контроль системи безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу громадської думки, відкритістю органів влади, що є науковою новизною дослідження.

7. Удосконалення класифікації психофізіологічних причин ДТП дозволило з'ясувати недоліки в системі підготовки водіїв АТЗ, які породжують основні конфліктні ситуації на автошляхах. Відповідно до цього, розроблено рекомендації для забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі та проведена експериментальна апробація забезпечення безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини.

Для практичної реалізації отриманих закономірностей впливу фактора людини на безпеку АТЗ у транспортному процесі запропоновано:

– систему контролю функціонального стану водія автотранспортного засобу в транспортному процесі з інформаційно-обчислювальним блоком, в якому аналізуються показники функціонального стану водія АТЗ, на яку отримано державний Патент України;

– біотехнічну систему моніторингу функціонального стану водія автотранспорту в транспортному потоці, на яку отримано державний Патент України;

– систему безпеки автотранспортних засобів при русі в колонах, яка в автоматичному режимі підтримує установлену дистанцію та швидкість між АТЗ, контролює показники стану водіїв АТЗ, а у випадку наростання критичних відхилень психофізіологічного стану водіїв, відхилень параметрів руху автоколони і кожного АТЗ у колоні або появи перешкод перед АТЗ, безпечно зупиняє АТЗ із включенням світлової і звукової сигналізації на кожному АТЗ та попереджає про це інших учасників дорожнього руху, на яку отримано державний Патент України;

– сигналізатор світлофорного регулювання в системі безпеки автотранспорту, який з метою підвищення інформативності водіїв АТЗ у транспортному потоці заздалегідь забезпечує отримання водієм АТЗ безперервної інформації про роботу світлофорного регулювання, що підтверджено державним Патентом України.

– систему підтримки курсової стійкості АТЗ у транспортному потоці для безпечної екстреної зупинки АТЗ у випадку наростання критичних відхилень психофізіологічного стану водіїв АТЗ, на яку отримано державний Патент України.

З метою попередження ДТП на ділянках автодоріг, які схильні до прояву ефекту гепатогенного впливу на психофізіологічний стан водія АТЗ, запропоновано внести до ДСТУ новий попереджувальний дорожній знак «Небезпечна гепатогенна зона» з обмеженням швидкісного режиму АТЗ, який необхідно встановлювати за населеними пунктами (особливо на автомагістралях) відповідно до ПДР України та внести його в систему глобального позиціонування (GPS).

8. Головні результати досліджень з обґрунтування пріоритетних положень концепції безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини, які доведені до нормативно-правових пропозицій, методик, алгоритмів, моделей і програм взято для використання Комітетом Верховної Ради України з питань транспорту, іншими державними установами та використовуються у навчальному процесі закладів вищої освіти МОН України.

Для вирішення загальних проблем безпеки АТЗ у транспортній галузі запропоновано авторський проект основних положень Концепції безпеки автотранспорту України.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Степанов О. В. Безпека автосамоскидів на породних відвалах [моногр.] / О. В. Степанов. — Харків : ТОВ «Водний Спектр Джі - Ем - Пі», 2011. — 284 с.
2. Степанов О. В. Безпека автотранспорту та дорожнього руху в гепатогенних зонах [моногр.] / О. В. Степанов. — Харків : С. А. М., 2015. — 552 с.
3. Степанов О. В. Безпека автотранспорту в транспортному процесі [моногр.] / О. В. Степанов. — 2-ге вид., доп. — Харків : Вид-во «Раритети України», 2018. — 728 с.
4. Степанов О. В. Вплив психофізіологічних якостей водія на безпеку дорожнього руху / О. В. Степанов // Механіка та машинобудування : наук.-техн. журн. Нац. техн. ун-т «ХПІ», № 1. — Харків : НТУ «ХПІ», 2010. — С. 190–196.

5. Степанов А. В. Влияние геопатогенных зон на психофизиологическое состояние водителя / А. В. Степанов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, № 6/2 (48). — Харьков, 2010. — С. 47–50.

6. Степанов А. В. Виктимное поведение пострадавших при ДТП / А. В. Степанов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. — Нац. техн. ун-т «ХПІ», № 26. — Харків : НТУ «ХПІ», 2012. — С. 147–154.

7. Наглюк И. С. Особенности виктимизации в сфере дорожного движения / И. С. Наглюк, А. В. Степанов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — Харьков, 3/3 (57), 2012. — С. 67–70.

8. Степанов А. В. Мировые тенденции в обеспечении безопасности дорожного движения пешеходов / А. В. Степанов, А. В. Рябушенко // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр., Вып. 61–62. — Харьков, 2013. — С. 95–101.

9. Степанов О. В. Віктимогенні ситуації учасників дорожнього руху / О. В. Степанов // Збірник наукових праць Херсонського національного технічного університету, Вип. 1 (12), Т-1. — Херсон, 2014. — С. 90–93.

10. Stepanov A. V. Problems of safety of motor vehicles / A. V. Stepanov // Автомобільний транспорт : Зб. наук. пр., Вып. 70. — Харьков, 2015. — С. 85–90.

11. Степанов О. В. Сучасні причини виникнення проблем безпеки дорожнього руху / О. В. Степанов // Вісник ХНАДУ : Зб. наук. пр., Вип. 68 — Харків, 2015. — С. 118–122.

12. Степанов О. В. Методологія дослідження безпеки автотранспорту / О. В. Степанов // Автомобільний транспорт : Зб. наук. пр., Вип. 36. — Харків, 2015. — С. 22–26.

13. Степанов О. В. Правове регулювання безпеки транспорту / О. В. Степанов // Вісник СНАУ, Вип. 11 (27). — Суми, 2015. — С. 168–173.

14. Степанов О. В. Забезпечення транспортної безпеки / О. В. Степанов // Механізація сільськогосподарського виробництва : Вісник ХНТУСГ, Вип. 156. — Харків, 2015. — С. 560–565.

15. Степанов О. В. Безпека автомобільного транспорту в транспортній галузі / О. В. Степанов // Вісник ХНАДУ : Зб. наук. Пр., Вип. 70. — Харків, 2015. — С. 137–141.

16. Степанов О. В. Безпека на автотранспорті: проблеми та перспективи / О. В. Степанов, І. С. Наглюк, // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування, № 10 (1119). — Харків : НТУ «ХПІ», 2015. — С. 122–127.

17. Степанов О. В. Вплив психологічного фактору людини на безпеку системи ВАДС / О. В. Степанов // Теорія і практика управління соціальними системами: наук.-техн. журн. Нац. техн. ун-т «ХПІ», № 4. — Харків : НТУ «ХПІ», 2015. — С. 85–91.

18. Степанов О. В. Безпека учасників дорожнього руху в геопатогенних зонах / О. В. Степанов // Вісник СНУ ім. В. Даля, № 2 (219). — 2015. — С. 131–135.



19. Stepanov A. V. Motor transport safety in traffic safety system [Електронний ресурс] / A. V. Stepanov // Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології: електр. наук. фах. вид. Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. №8.— Харків, 2015. — С. 84–89.

20 Степанов А. В. Безопасность автотранспорта в системе ВАДС / О. В. Степанов // Вісник НТУ. Науково-технічний збірник, Вип. №1 (34). — Київ, 2016. — С. 478–484.

21. Степанов О. В. Людський фактор у системі безпеки автотранспорту / О. В. Степанов // Вісник СНАУ, Вип. 3 (28).— Суми, 2016. — С. 256–260.

22. Stepanov A. V. Active safety in the system of motor-transport safety / A. V. Stepanov // Автомобильный транспорт. Сб. науч. тр., Вып. 39. — Харьков, 2016. — С. 7–13.

23. Степанов О. В. Антитерористична безпека автотранспорту / О. В. Степанов // Автомобильный транспорт. сб. науч. тр., Вып. № 41. — Харьков, 2017. — С.110-115

24. Степанов О. В. Біотехнічна система безпеки автотранспорту / О. В. Степанов // Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології: електр. наук. фах. вид. Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, № 12. — Харків, 2017. — С. 107–111.

25. Степанов О. В. Імітаційна модель безпеки автотранспорту в транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини / О. В. Степанов // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Власенка: Проблеми надійності машин, Вип. 192.— Харків, 2018. — С. 156–165.

26. Степанов О. В. Експериментальне визначення закономірності впливу ГПЗ на час психомоторної реакції водія автотранспорту / О. В. Степанов // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, №13. — Харків, 2018. — С. 108–114.

27. Степанов О. В. Модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки / О. В. Степанов // Вісник НТУ. Серія: Технічні науки, Вип. №3 (42). — Київ, 2018. — С. 137–146.

28. Stepanov A. V. The transport safety and its conceptual aspect / A. V. Stepanov // Science and Education, series: Technical Sciences, Sheffield, England, 2015. — NR 7 (31). — S. 106–110.

29. Stepanov A. V. Safety of movement of vehicles in the transport system / A. V. Stepanov // Science and Education, series: Technical Sciences, Sheffield, England, 2015. — NR 11 (35). — S. 97–102.

30. Stepanov A. V. Motor vehicle safety / A. V. Stepanov // Wydawca: Sp. z.o.o. «Nauka i Studia», seria: Techniczne nauki, Przemysł, Poland, 2015. — NR 5 (136). — P. 32–38.

31. Stepanov A. V. Safety of road traffic parties: victimology aspect / A. V. Stepanov // Wydawca: Sp. z.o.o. «Nauka i Studia», seria: Techniczne nauki, Przemysł, Poland, 2015. — NR 10 (141). — P. 41–46.

32. Stepanov A. V. Threats of transport safety: problems and prospects / A. V. Stepanov // Научно-теоретический и практический журнал «Уралнаука», серия: Технические науки, Казахстан, 2015. — № 12 (143). — С. 59–64.

33. Stepanov A. V. An improvement of transport safety rate / A. V. Stepanov // International Scientific Journal "Internauka", series: Technical Sciences, 2016. — NR 5, T.2, — С. 87–89.

34. Stepanov A. V. An automobile safety: problems and perspectives / A. V. Stepanov // International Scientific Journal "Internauka", series: Technical Sciences, 2016. — NR 6, T.2. — С. 11–14.

35. Stepanov Oleksiy. Human factor in the "driver-car-road-environment" safety system / Oleksiy Stepanov // International Scientific Journal "Internauka", series: Technical Sciences, 2017. — NR 1 (23), T.1. — С. 82–84

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

36. Степанов О. В. Забезпечення транспортної безпеки / О. В. Степанов // Технічний прогрес в АПК: Міжнародна науково-практична конференція, 19-20.03. 2015 р. — ХНТУСГ ім. Петра Василенка. — Харків, 2015.

37. Степанов А. В. Особенности подготовки водителей автомобильного транспорта за рубежом / А. В. Степанов // Шляхи забезпечення якості підготовки фахівців транспортної галузі: Всеукраїнська науково-методична конференція, 10.11.2015 р. — ХНАДУ. — Харків, 2015.

38. Степанов О. В. Безпека технологічного автотранспорту / О. В. Степанов // Матеріали за міжнародна научна практична конференція, «Будешите изследвания-2015», Том 15, 2015, Софія, Българія. — С. 51–53.

39. Stepanov A. V. Traffic safety in geo-pathogenic zone / A. V. Stepanov // Матеріали за міжнародна научна практична конференція «Найновите научни постижения-2015», Том 16, 2015, Софія, Българія. — С. 19–22.

40. Stepanov A. V. Safety of motor vehicles: regulatory and legal aspects / A. V. Stepanov // Materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa myśl informacyjnej powieki-2015», Volume 14: Techniczne nauki, 2015, Przemysł, Poland. — S. 62–64.

41. Степанов О. В. Вплив людського фактора на безпеку транспортних засобів / О. В. Степанов // Materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki-2015», Volume 19: Techniczne nauki, 2015, Przemysł, Poland. — S. 45–47.

42. Stepanov A. V. Problems of transport safety / A. V. Stepanov // Materials of the International scientific and practical conference «Science without borders-2015», Volume 23: Technical sciences, 2015, Sheffield, England. — S. 54–56.

43. Степанов О. В. Проблеми та перспективи забезпечення безпеки дорожнього руху / О. В. Степанов // Materials of the International scientific and practical conference «Modern scientific potential-2015», Volume 37: Technical sciences, 2015, Sheffield, England. — S. 95–97.

44. Stepanov A. V. Psycho-physiological qualities of a driver and motor vehicle safety / A. V. Stepanov // Materiály mezinárodní vědecko - praktické konference «Věda a

technologie: krok do budoucnosti-2015», Volume 16: Technický vědy, 2015, Publishing House «Education and Science», Praha. — S. 65–67.

45. Stepanov A. V. Transport safety in the system of transport strategy of Ukraine / A. V. Stepanov // Materiály mezinárodní vědecko-praktické konference «Dny vědy-2015», Volume 19: Technický vědy, 2015, Publishing House «Education and Science», Praha. — S. 34–36.

46. Степанов А. В. Фактор человека в безопасности транспортного процесса / А. В. Степанов // Materials of the XII International scientific and practical conference, «Science without borders-2016», Volume 19: Technical sciences, 2016, Sheffield, England. — S. 38–40.

47. Stepanov A. V. Transport safety in Ukraine / A. V. Stepanov // Актуальні проблеми сучасної науки: збірник тез наукових робіт VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної науки» (Астана – Харків – Вена, 30.05.2016 р), Міжнародний науковий центр, Київ, 2016. — С. 24–26.

48. Stepanov A. V. Influence of geo-pathogenic zones on traffic safety / A. V. Stepanov // Актуальні проблеми сучасної науки: збірник тез наукових робіт IX Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної науки» (Астана – Київ – Вена, 29.06.2016 р.), Міжнародний науковий центр, Київ, 2016.— С. 57–59.

49. Степанов О. В. Вплив фактора людини на безпеку автодорожнього руху/ О. В. Степанов // Materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki-2017», Volume 9: Techniczne nauki, 2017, Przemysł, Poland. — S. 37–39.

50. Stepanov Oleksiy. Factor of human visual perception in the motor vehicle safety system / Oleksiy Stepanov // Materiály XIII Mezinárodní vědecko - praktická konference, «Věda a technologie: krok do budoucnosti-2017», Volume 8: Technické vědy, 2017, Praha, Publishing House «Education and Science». — S. 25–27.

51. Степанов О. В. Оптимізація функціонального стану водія для безпеки дорожнього руху в системі ВАДС / О. В. Степанов // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кривий Ріг, 17 листопада 2017 року). – Кривий Ріг, Україна, 2017. – 291 с.

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

52. Пат. № 107974, Україна, (51) МПК В 60К 28/06. Система контролю функціонального стану водія автотранспортного засобу / Степанов О. В., заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. — № u 201600110; заявл. 04.01.2016; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12.

53. Пат. № 110469, Україна, (51) МПК В 60К 28/06. Біотехнічна система моніторингу функціонального стану водія автотранспорту / Степанов О. В., заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. — № u 2016 03774; заявл. 08.04.2016; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.

54. Пат. № 115213, Україна, (51) МПК В 60R 99/00. Сигналізатор світлофорного регулювання в системі безпеки автотранспорту / Степанов О. В.,

заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. — № у 201610133; заявл. 05.10.2016; опубл. 10.04.2017, Бюл. № 7.

55. Пат. № 119714, Україна, (51) МПК G 01S 13/93 (2006.01) Система безпеки автотранспортних засобів при русі в колонах / Степанов О. В., заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. — № у 201702167; заявл. 07.03.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл. № 19.

56. Пат. № 108315, Україна, (51) МПК В 60Т 7/12. Електрогідравлічний гальмівний пристрій в системі безпеки автомобіля / Степанов О. В., заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. — № у 201600583; заявл. 25.01.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13.

57. Пат. № 108316, Україна, (51) МПК В 60Т 7/12. Система підтримки курсової стійкості автомобіля / Степанов О. В., заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. — № у 2016 00584; заявл. 25.01.2016; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13.

## АНОТАЦІЯ

**Степанов О.В.** Концепція безпеки автомобільних транспортних засобів у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2019.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми в транспортній галузі, що виявляється у розробці методологічного підходу та обґрунтуванні концепції безпеки автомобільних транспортних засобів (АТЗ) у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини. Доведено актуальність дослідження впливу геофізичних факторів на безпеку АТЗ через недосконалість існуючих систем екологічного моніторингу та малою кількістю дослідницьких робіт щодо впливу геопатогенних зон на безпеку АТЗ у транспортному процесі.

Установлено, що вплив на людину природних факторів залежить від ступеня техногенного електромагнітного забруднення навколишнього середовища, від «зон геофізичних аномалій», які знаходяться в певному взаємозв'язку з електромагнітним полем людини і впливають на психофізіологічний стан людей – учасників дорожнього руху. Розроблені теорія та концепція безпеки АТЗ у транспортному процесі з урахуванням закономірностей впливу фактора людини, які спираються на розвинутий понятійно-категоріальний апарат автотранспортної сфери, створюють методологію, яка, згідно експериментальних даних, дозволяє підвищити безпеку АТЗ у транспортному процесі.

**Ключові слова:** автомобільний транспортний засіб, водій, концепція, безпека, фактор людини, середовище, транспортний процес.

## АННОТАЦИЯ

**Степанов А. В.** Концепция безопасности автомобильных транспортных средств в транспортном процессе с учетом закономерностей влияния фактора человека. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы в транспортной отрасли, что проявляется в разработке методологического подхода и обосновании концепции безопасности автомобильных транспортных средств (АТС) в транспортном процессе с учетом закономерностей влияния фактора человека. Доказана актуальность исследования влияния геофизических факторов на безопасность АТС из-за несовершенства существующих систем экологического мониторинга и малым количеством исследовательских работ относительно влияния геопатогенных зон на безопасность АТС в транспортном процессе.

Установлено, что воздействие на человека природных факторов зависит от степени техногенного электромагнитного загрязнения окружающей среды, от «зон геофизических аномалий», которые находятся в определенной взаимосвязи с электромагнитным полем человека и влияют на психофизиологическое состояние людей – участников дорожного движения. Разработанные теория и концепция безопасности АТС в транспортном процессе с учетом закономерностей влияния фактора человека, которые опираются на расширенный понятийно-категориальный аппарат автотранспортной сферы, создают методологию, которая, согласно экспериментальным данным, позволяет повысить безопасность АТС в транспортном процессе.

**Ключевые слова:** автомобильное транспортное средство, водитель, концепция, безопасность, фактор человека, внешняя среда, транспортный процесс.

## ABSTRACT

**Stepanov A. V.** The concept of motor-transport safety in the transport process, in view of the effect of the human factor. – Qualifying academic paper as manuscript.

Thesis for a Doctor's degree in engineering in specialty 05.22.01 - transport systems. - Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2019.

The thesis is devoted to the solution of the relevant scientific problem of motor-transport (MT) safety in the transport process in view of the effect of the human factor with the development of theoretical and methodological approaches to the generating of the MT safety and practical recommendations. The proposed concept of the MT safety in the transport process in view of the effect of the human factor, determines the person's

responsibility for the MT safety and is based on an expanded conceptual and categorical apparatus in the field of motor transport.

When solving the tasks set, it has been found that the MT safety level is affected by the same factors as for the transport safety in general. In addition, along with the unsatisfactory MT technical condition, there are always other factors of the PVRE (person, vehicle, road, environment) system affecting the MT safety which can result in the RTA (road traffic accident). It has been proved that the improvement in the MT design and the quality of roads does not reduce the number of RTAs, but is accompanied by their further growth. This state of affairs is explained by the fact that most RTAs occur due to the driver's mistakes, that is, due to the human factor.

The relevance of the study of the impact of geophysical factors on the MT safety has been proved due to the imperfection of existing ecological monitoring systems and the absence of research works on the collection of necessary information on the influence of geopathic phenomena on the MT safety. It has been found that the effect of natural factors on a person depends on the level of anthropogenic electromagnetic pollution and on the "zone of geophysical anomalies" that are in a certain relationship with the electromagnetic fields of a person, affect the psychophysiological state of a person upon whom the MT safety in the transport process depends. In this regard, the following concepts have been proposed: "Geopathic zone of the road", "The effect of the geopathic impact".

It has been proved in the paper that the MT safety depends on the driver's reliability, that it is the driver who brings into the MT driving system some uncertainty in its functioning. To predict the reliability of the driver's work, it has been suggested to introduce the driver's reliability index - "psychophysiological driver's reliability", as a set of psychophysiological characteristics of a driver, which determines the driver's ability to perceive and process information in order to ensure the MT safety in various conditions. It has been determined that the most important socio-psychological condition for the MT safety in the transport process is the prevention of traffic conflicts with the increase of communicative competence and civic consciousness of road users. The need to include social and psychological training of drivers in the system of their training and advanced training has been substantiated.

The establishment of information and analytical support (IAS) for the MT safety has been substantiated owing both to the need to improve the MT safety and monitoring its safe functioning in the transport system. At the same time, the IAS system implies the information infrastructure of the State, which is intended for carrying out information and analytical activities aimed at providing the information necessary for the development of the MT and traffic safety.

It has been proved that the key elements of the MT safety strategy are a clear definition of the respective role and responsibility of each participant in solving the problem and the development of an effective government machinery - a unified organizing and coordinating MT safety center in the transport system of Ukraine, which will allow synchronizing all public policy actions to achieve the MT and traffic safety enhancement objectives. To solve this problem, the Concept of Motor-Transport Safety of Ukraine has been substantiated, as a system of views on ensuring the MT safety in Ukraine, the state of

protection of the vital interests of individuals, society and the government in the motor transport area from internal and external threats, and the state of protection of the motor transport complex against these threats.

**Keywords:** motor-vehicle, driver, concept, safety, human factor, external environment, transport process.