

## **РЕЦЕНЗІЯ**

завідувача кафедри міжнародних перевезень та митного контролю,  
доктора технічних наук, професора Прокудіна Георгія Семеновича  
на дисертаційну роботу Клочана Арсена Євгенійовича на тему  
**«Поляриметричний метод позиціонування та моніторингу на  
автомобільному транспорті»**,  
яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії  
у галузі 27 «Транспорт» за спеціальністю 275 «Транспортні  
технології (за видами)», спеціалізація 275.03 «Транспортні технології  
на автомобільному транспорті»

### **Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами**

На сьогоднішній день галузь автомобільного транспорту характеризується найвищим рівнем аварійності серед всіх видів транспорту. Щороку, за даними всесвітньої організації охорони здоров'я, в світі у результаті дорожньо-транспортних пригод гине понад 1 мільйон людей. В зв'язку з цим, питання дослідження напрямків підвищення безпеки дорожнього руху на автомобільному транспорті є актуальним.

Одним з важливих напрямків розвитку автотранспортної галузі в напрямку підвищення безпеки дорожнього руху є розробка та впровадження комплексної системи підтримки прийняття рішення, яка б дозволила забезпечити завчасне попередження та запобігання виникнення дорожньо-транспортних пригод. Розробка подібних систем потребує розробки нових підходів до визначення положення та параметрів руху автотранспортного засобу відносно інших учасників дорожнього руху та елементів дорожньо-транспортної інфраструктури, а також вдосконалити існуючі алгоритми визначення оптимальних траєкторій руху автотранспортних засобів для просторово-часового розведення траєкторій їх руху з метою попередження виникнення дорожньо-транспортних пригод. Сучасні системи, які реалізують даний напрямок забезпечують визначення лише відносного положення автотранспортного засобу без врахування напрямку вектору його руху, а також не забезпечують формування сигналів доуправління для попередження та уникнення дорожньо-транспортних пригод. Таким чином, залишаються невирішеними питання визначення взаємного просторового положення учасників дорожнього руху і відносних параметрів їх руху та здійснення процесів позиціонування і моніторингу на автомобільному транспорті для забезпечення підвищення безпеки дорожнього руху, вирішенню яких присвячена дисертаційна робота Клочана А.Є.



Загалом, актуальність розгляду питання підвищення ефективності позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті обґрунтовується необхідністю вирішення проблеми визначення взаємного положення учасників дорожнього руху та відносних параметрів їх руху з метою попередження виникнення ситуації просторово-часового перетину траєкторій їх руху та надання відповідних сигналів доуправління з метою попередження виникнення та уникнення таких ситуацій.

Дисертаційна робота виконана у відповідності до:

- Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, яка затверджена розпорядженням кабінету міністрів України 30 травня 2018 р. № 430-р (із змінами, внесеними згідно Розпорядження КМ № 321-р від 07.04.2021 р. і Постановою КМ № 416 від 28.04.2023 р.);

- наукової теми кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки «Інформаційно-аналітична діяльність та фізико-математичні методи інформаційної безпеки на транспорті» (№ держреєстрації 0122U114614),

- держбюджетної теми «Методи та інформаційні технології оптимізації процесів транспортно-логістичного управління доставкою вантажів в інтелектуальних транспортних системах» (№ держреєстрації 0122U000966);

- проекту Національного фонду досліджень України за напрямом «Наука для відбудови України в воєнний та повоєнний період» (Реєстраційний номер заявки 2022.01/0142).

### **Особистий внесок здобувача та отримані наукові результати**

Основні наукові та практичні результати полягають у наступному:

1. На основі статистичного аналізу безпеки руху на автомобільному транспорті встановлено, що основною передумовою до виникнення дорожньо-транспортних пригод є помилки в визначенні відносного просторового положення та відносних параметрів руху автотransпортних засобів.

2. Встановлено, що існуючі системи та підходи до позиціонування на автомобільному транспорті не забезпечують визначення відносного положення автотransпортних засобів та відносних параметрів їх руху.

3. Застосування поляриметричних методів вимірювання для позиціонування автотransпортних засобів обґрунтоване наявністю залежності азимуту площини поляризації двічізаломленого лінійно поляризованого променя від азимуту площини поляризації падаючого променя та його плоских кутів падіння в горизонтальній та вертикальній площинах.

4. На основі математичного моделювання процесу розповсюдження лінійно поляризованого променя після його падіння на діелектричну пластину

було обґрунтовано вибір в якості вимірюваного параметру – азимут площини поляризації двічізаломленого променя та алмазу – в якості матеріалу діелектричної пластини, а також було визначено що максимальна чутливість вимірювання забезпечується при азимуті площини поляризації падаючого променя  $67,5^\circ$  та його просторовому куті падіння  $56^\circ$ .

5. Розроблено поляриметричний спосіб визначення напрямку на джерело лінійно поляризованого випромінювання, систему, яка його реалізує та алгоритм проведення вимірювань.

6. Розроблено поляриметричну модель визначення лінійних параметрів відносного положення та систему, що його реалізує, яка може бути застосована при кутомірно-далекомірному та кутомірному визначенні відносного положення двох автотранспортних засобів з п'ятьма відносними степенями руху, окрім відносного повороту навколо повздовжньої осі.

7. Розроблено поляриметричну модель визначення кутових параметрів відносного положення та систему, що його реалізує, яка може бути застосована при визначенні відносного просторового положення автотранспортних засобів з чотирма відносними степенями руху: трьома лінійними та одним кутовим – відносним поворотом навколо повздовжньої осі.

8. Розроблено поляриметричну модель визначення лінійно-кутових параметрів відносного положення та систему, що його реалізує, яка може бути застосована при визначенні відносного положення в просторі двох автотранспортних засобів з шістьма відносними степенями руху.

9. Розроблено вдосконалену поляриметричну модель визначення лінійно-кутових параметрів відносного положення, яка на 20% дозволяє скоротити кількість каналів вимірювання та зменшити похибку вимірювання, спричинену впливом середовища розповсюдження, і систему, що його реалізує, яка може бути застосована при визначенні відносного положення в просторі двох автотранспортних засобів з шістьма відносними степенями руху.

10. Визначено поняття ефективності позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті, а також якісні та кількісні критерії та показники для її оцінки, основними з яких є точність визначення відносного положення автотранспортних засобів та відносних параметрів їх руху, достовірність інформації про положення автотранспортного засобу відносно інших елементів дорожньо-транспортної системи та своєчасність надходження інформації про можливість виникнення просторово-часового перетину траєкторій руху автотранспортних засобів в контур управління.

11. Обґрунтовано застосування паралельного інформаційного резервування для підвищення достовірності інформації в системі позиціонування та моніторингу та проаналізовано вплив характеристик

системи паралельного інформаційного резервування на підвищення достовірності інформації в інформаційно-управляючих системах для ситуацій з високою та низькою ймовірністю наявності контрольованої події.

12. Розроблено поляриметричний метод позиціонування та моніторингу на автотранспортних засобах та інтелектуальну систему управління автотранспортним засобом щодо попередження виникнення дорожньо-транспортної пригоди, що його реалізує. Запропонована інтелектуальна система управління АТЗ може бути використана в якості джерела інформації про орієнтаційне та позиційне положення АТЗ відносно інших елементів ДТС в ІТС, а також як бортова інтелектуальна система попередження виникнення та уникнення ДТП.

### **Аналіз структури дисертаційної роботи та повноти викладеного матеріалу**

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 213 сторінок. Основний зміст дисертації викладено на 160 сторінках. Робота містить 56 рисунків, список використаних джерел на 112 найменувань, 3 додатків на 10 сторінках.

В **першому розділі** проведений аналіз методів та засобів підвищення безпеки дорожнього руху на автомобільному транспорті. Зокрема, проведений статистичний аналіз безпеки дорожнього руху на автомобільному транспорті; розглянуті напрямки підвищення безпеки дорожнього руху на автомобільному транспорті; проведений огляд поняття та методів позиціонування і моніторингу на автомобільному транспорті; проведений літературний огляд систем та підходів до позиціонування і моніторингу на автомобільному транспорті. На основі проведеної роботи було показано, що існуючі системи позиціонування та моніторингу не забезпечують одночасне визначення відносного позиційного та орієнтаційного положення автотранспортних засобів та відносних параметрів їх руху.

У **другому розділі** розглядаються фізичні основи застосування поляриметричного методу вимірювання для позиціонування автотранспортних засобів. Зокрема, розглянуті фізичні основи поляриметричних вимірювань; проведений огляд процесу розподілу інтенсивності лінійно поляризованого променю після його падіння на діелектричну пластину; визначений зв'язок між азимутами площини поляризації падаючого та двічізаломленого променів; запропонований поляриметричний метод визначення напрямку на джерело лінійно поляризованого випромінювання, а також розглянутий вплив повітряного

середовища розповсюдження на характеристики лінійно поляризованого променя. На основі проведеної роботи визначено оптимальні параметри оптичного каналу вимірювання та запропоноване використання Nd:YAG – лазеру в якості джерела випромінювання.

У **третьому розділі** приведені поляриметричні моделі визначення параметрів відносного положення автотранспортних засобів на вулично-дорожній мережі. Зокрема, були запропоновані поляриметричні моделі визначення лінійних, кутових та лінійно-кутових параметрів відносного положення автотранспортних засобів на вулично-дорожній мережі та пристрої, що їх реалізують. При цьому, було показано, що запропоновані моделі дозволяють визначати відносне просторове положення автотранспортних засобів.

У **четвертому розділі** приведені прикладні аспекти реалізації результатів наукових досліджень. Зокрема, запропонований поляриметричний метод позиціонування та моніторингу автотранспортних засобів та інтелектуальна система управління автотранспортним засобом щодо попередження виникнення дорожньо-транспортної пригоди, яка його реалізує; визначене поняття, критерії і показники ефективності позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті і напрямки її підвищення. Запропонована інтелектуальна система управління АТЗ може бути використана в якості джерела інформації про орієнтаційне та позиційне положення АТЗ відносно інших елементів ДТС в ІТС, а також як бортова інтелектуальна система попередження виникнення та уникнення ДТП.

У висновках дисертаційної роботи міститься 6 пунктів. Всі пункти висновку логічно витікають з матеріалу дисертації та вірно відображають результати дослідження, узагальнюючи наукову новизну роботи, що свідчить про сформованість дисертанта як науковця.

#### **Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи**

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 23 наукових праці, з яких, монографій – 1, наукових статей в фахових виданнях України – 3, наукових статей у зарубіжних виданнях – 2 (одна з яких проіндексована в міжнародних наукометричних базах), 15 публікації у збірниках тез та матеріалів наукових конференцій (дві з яких проіндексована в міжнародних наукометричних базах), 1 патент на корисну модель та одне свідоцтво реєстрації авторського права на комп'ютерну програму.

Висновки по роботі є повними, а рекомендації щодо використання результатів дисертаційної роботи в достатній мірі висвітлюють теоретичний

та прикладний характер роботи. Науковий та методичний рівні оформлення і рубрикації дисертації повністю відповідають вимогам МОН України.

У дисертаційній роботі Клочана Арсена Євгенійовича на тему «Поляриметричний метод позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті» та публікаціях ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

### **Наукова та практичне значення отриманих результатів і рекомендацій щодо їх використання**

Науково-практичні результати дисертаційної роботи дозволяють підвищити ефективність позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті з метою підвищення безпеки руху, шляхом розробки поляриметричного методу позиціонування та моніторингу автотранспортних засобів, який на відміну від більшості існуючих дозволяє визначати не лише позиційне, але й орієнтаційне положення автотранспортних засобів.

Практичне значення результатів проведеного наукового дослідження підтверджується їхнім впровадженням у науково-дослідну діяльність Науково-методологічного центру процесного аналізу та у науково-дослідну роботу Центру безпеки дорожнього руху ДП «ДерждорНДІ», а також у навчальний процес Національного транспортного університету.

Ступінь новизни результатів дисертаційного дослідження.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

- вперше запропоновано поляриметричний метод позиціонування на автомобільному транспорті, який на відміну від більшості існуючих дозволяє визначити, не лише, відносно позиційне, але й взаємне орієнтаційне положення автотранспортних засобів;

- удосконалено поляриметричний метод визначення напрямку на джерело лінійно поляризованого випромінювання шляхом використання модулятора в блоці випромінювання, що дозволяє скоротити кількість каналів вимірювання та зменшити відносну похибку вимірювання азимуту на АТЗ з блоком випромінювання в горизонтальній та вертикальній площинах, спричинену середовищем розповсюдження.

- удосконалено способи оцінки достовірності інформації систем паралельного інформаційного резервування шляхом дослідження чотирьох-параметричного графу станів системи визначення контрольованого параметру, що дозволяє визначити ймовірності коректного визначення наявності та відсутності контрольованої події;

– дістала подальшого розвитку система критеріїв та показників оцінки ефективності позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті, шляхом розгляду схеми управління досліджуваним параметром, на основі якої показано, що ефективність позиціонування та моніторингу залежить від ефективності системи управління рухом транспортного засобу.

### **Основні зауваження по роботі**

1. Зі змісту дисертаційної роботи не до кінця зрозуміло на яку категорію учасників дорожнього руху спрямовані наукові дослідження. Потребує уточнення можливість визначення взаємного просторового положення автотransпортних засобів та пішоходів, автотransпортних засобів та елементів дорожньої інфраструктури, тощо.

2. В дисертаційній роботі відсутній розрахунок часу необхідний для виявлення потенційного просторово-часового перетину траєкторій руху автотransпортних засобів.

3. В дисертаційній роботі приведені застарілі статистичні дані по безпеці дорожнього руху, а саме до 2020 року, включно. Хоча в роботі і приведені результати апроксимації статистичних даних, але було б доцільно, привести більш актуальні статистичні дані.

4. Процедура визначення оптимального значення кута падіння променя, як точки перетину графіків залежності інтенсивності двічізаломленого променя та чутливості вимірювання його азимуту площини поляризації від кута падіння променя потребує уточнення, оскільки інтенсивність двічізаломленого променя та чутливість вимірювання мають різні максимальні значення.

5. В дисертаційній роботі запропонована поляриметрична модель визначення кутових параметрів відносного положення автотransпортних засобів з трьома відносними кутовими степенями руху, хоча для автотransпортних засобів притаманні лише одна відносна кутова степені руху: поворот автотransпортного засобу навколо вертикальної осі.

6. В розділі 4 дисертаційної роботи є певні неточності в нумерації формул, що ускладнює розуміння даного розділу: на сторінках 147, 148 та 154 наведено формули, які позначаються (4.1), хоча вони всі різні за змістом; формула (4.2) – на сторінках 147 та 154 теж різні за змістом, причому формула (4.2) на сторінці 147, а саме  $d = d; \varphi = \varphi_z$ , потребує пояснення; на сторінці 147 приведена формула (3.13).

Наведені зауваження не зменшують значущість отриманих результатів дослідження і мають рекомендаційний характер.

### **Загальні висновки**

На підставі викладеного вважаю, що дисертаційна робота Клочана Арсена Євгенійовича на тему «Поляриметричний метод позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті», яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії у галузі 27 «Транспорт» за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» спеціалізації 275.03 «Транспортні технології на автомобільному транспорті» є самостійно виконаною, завершеною кваліфікаційною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретне науково-практичне завдання підвищення ефективності позиціонування та моніторингу на автомобільному транспорті з метою підвищення безпеки руху.

За змістом та якістю теоретичних досліджень, математичного моделювання і отриманих результатів дисертаційна робота в повній мірі відповідає рівню дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та освітньо-наукової програми «Транспортні технології на автомобільному транспорті» спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)».

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам щодо оформлення дисертаційних робіт згідно Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 року (зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 03 лютого 2017 року за № 155/30023).

Зважаючи на актуальність вирішених завдань, отриманих наукових результатів, теоретично обґрунтованих принципових наукових положень, використаних сучасних методів наукових досліджень та підтвердженої значимості, дисертаційна робота та представлені до розгляду публікації задовольняють вимогам пп. 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022 р.), а її автор, Клочан Арсен Євгенійович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)».

### **Рецензент:**

завідувач кафедри міжнародних  
перевезень та митного контролю  
Національного транспортного університету  
д-р техн. наук, професор

**Підпис завідувача**

Начальник відділу кадрів

*М. Писак*



Георгій ПРОКУДІН