

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

АФОНІН МАКСИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.025.4

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ З ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРА ЛЮДИНИ**

Спеціальність 05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Жук Микола Миколайович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
доцент кафедри транспортних технологій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Давідч Юрій Олександрович,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова,
професор кафедри транспортних систем і логістики

кандидат технічних наук, доцент
Кристочук Михайло Євгенович,
Національний університет водного
господарства та природокористування,
завідувач кафедри транспортних технологій і
технічного сервісу

Захист дисертації відбудеться «29» листопада 2019 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.20 у Національному університеті «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1, корп. XIV, ауд. 61.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 79013, Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «28» жовтня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ковалишин В. В

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом в Україні спостерігається підвищення рівня автомобілізації та ущільнення населення великих міст, що призводить до використання більшої кількості ресурсів для будівництва різного роду об'єктів, а також для обслуговування та експлуатації автомобільного транспорту. В таких умовах збільшуються обсяги перевезень вантажів, пов'язаних зі створенням та обслуговуванням цих об'єктів. Виникають все нові завдання, пов'язані із безпекою транспортування вантажів, зокрема особливу увагу потрібно приділяти тим, які відносяться до небезпечних.

Як відомо, під час перевезень діють взаємопов'язані елементи, які формують систему «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Якщо технічні параметри автомобілів та доріг є відомими і їх можна передбачати, то змінні параметри навколишнього середовища та водія є найменш дослідженими елементами цієї системи. При транспортуванні небезпечних вантажів, ціна помилки водія є надзвичайно високою, оскільки аварії, які можуть статись за участю таких транспортних засобів, мають важкі наслідки. Врахування умов руху та функціонального стану водіїв визначає актуальність дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідної роботи кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка» – «Оптимізація автомобільних транспортних систем та підвищення безпеки дорожнього руху» (номер державної реєстрації 0118U000348), яка відповідає «Транспортній стратегії України на період до 2030 року» (ухвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р) та постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року» від 25 квітня 2018 р. № 435. Особистий внесок автора дисертації полягає у дослідженні впливу умов руху на функціональний стан водія, який керує транспортним засобом із небезпечним вантажем та оцінці рівнів ризику в процесі транспортування цих вантажів в різних умовах.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є виявлення закономірностей впливу фактора людини на технологічний процес перевезення небезпечних вантажів.

Для досягнення мети у дисертаційній роботі вирішуються такі завдання:

- проаналізувати існуючий стан наукових досліджень і методів їх проведення;
- визначити чинники впливу технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів на функціональний стан водія;
- вдосконалити методику оцінки ризиків при перевезенні небезпечних вантажів з урахуванням дорожніх умов і функціонального стану водія;
- розробити алгоритм проектування маршрутів перевезення небезпечних вантажів з урахуванням фактора людини.

Об'єкт дослідження – технологічний процес перевезень небезпечних вантажів.

Предмет дослідження – фактор людини в технологічному процесі перевезень небезпечних вантажів.

Методи дослідження. У роботі під час досліджень використовувались: методи натурних досліджень для встановлення значень інтенсивностей руху транспортних потоків на автомобільних дорогах та ділянках міських вулиць; методи камеральних досліджень для визначення значення пропускну здатності автомобільних доріг; електрофізіологічні методи для визначення зміни функціонального стану водіїв; методи системного аналізу для опрацювання результатів проведених досліджень та їх інтерпретації; методи статистичного та математичного аналізу для встановлення рівнів ризику виникнення аварій при транспортуванні небезпечних вантажів у різних умовах.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вперше – враховано фактор людини у формуванні маршрутів доставки небезпечних вантажів, які визначають умови безпечного виконання технологічного процесу перевезень;

Набули подальшого розвитку:

- існуючі наукові підходи до технологічних процесів вантажних перевезень з врахуванням фактора людини, які на відміну від попередніх враховують специфіку перевезень небезпечних вантажів;

- методи побудови маршрутів перевезення небезпечних вантажів, які на відміну від існуючих, враховують функціональний стан водія та складність дорожніх умов;

- оцінка ризиків перевезення небезпечних вантажів з урахуванням дорожніх умов і фактора людини.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений алгоритм побудови маршрутів перевезень небезпечних вантажів, який базується на результатах досліджень впливу умов руху на функціональний стан водіїв. Запропоновано методику визначення рівнів ризику при перевезенні небезпечних вантажів, яка дозволяє прогнозувати послідовність технологічних операцій з вищим рівнем їх безпеки.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, що виносяться на захист, належать автору. У працях, які опубліковані із співавторами, особистий внесок автора полягає у такому: визначено вплив тривалості роботи водіїв за різних дорожніх умов на показники їхнього функціонального стану [1, 3, 6, 16-17], проведено дослідження зміни функціонального стану водія з використанням приладу Polar H7 [13], встановлено закономірності впливу окремих технологічних операцій перевезення небезпечних вантажів на функціональний стан водіїв [7, 12, 14], проаналізовано психологічні та соціологічні методи досліджень особливостей водіїв [10], визначено закономірності впливу показників транспортних потоків на умови праці водіїв [4], проведено комплексну оцінку зміни функціонального стану водія під час робочого дня [2].

Апробація результатів дисертації. Наукові розробки та отримані результати проведених досліджень під час виконання дисертаційної роботи доповідалися на:

- II Всеукраїнській науково-теоретичній конференції «Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання» (м. Львів, 16 – 18 березня 2017 р.).

- XII Міжнародній науково-практичній конференції «Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти» (м. Кривий Ріг, 17 листопада 2017 р.);

- XXV Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства» (м. Кременчук, 24 – 25 квітня 2018 р.);

- III Всеукраїнській науково-теоретичній конференції «Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання» (м. Львів, 28 – 30 березня 2019 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 8 статей, із них: 2 – у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, 5 – у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у іншому виданні; 13 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 108 найменувань і 5 додатків. Основна частина роботи викладена на 115 сторінках. Є 54 рисунки та 19 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 187 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено обґрунтування актуальності тематики дисертаційних досліджень. Наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Визначено мету, завдання, об'єкт, предмет та методи досліджень. Вказано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведений огляд літературних джерел. На його основі можна стверджувати, що питання впливу чинника людини (водія) на безпеку руху під час перевезення небезпечних вантажів потребує подальшого вивчення.

Попередні дослідження стосуються, здебільшого, водіїв маршрутних транспортних засобів та легкових автомобілів і не в повній мірі охоплюють вплив дорожніх умов та видів вантажів.

Визначено, що для досягнення мети дисертаційної роботи необхідно провести аналіз методів дослідження зміни функціонального стану (ФС) водіїв в різних умовах руху, дослідити вплив дорожніх умов та технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів на ФС водіїв, встановити закономірності зміни ФС водія залежно від чинників технологічного процесу перевезень, вдосконалити методіку визначення рівнів ризику при перевезенні небезпечних вантажів з урахуванням фактора людини на основі результатів досліджень та отриманих закономірностей, розробити алгоритм побудови маршрутів

перевезення небезпечних вантажів, який враховує дорожні умови і функціональний стан водіїв.

У другому розділі розглянуто методи побудови технологічних операцій в процесі перевезення небезпечних вантажів, зокрема проектування маршрутів руху та складання графіків роботи. Визначено типи дорожніх умов та стани транспортного потоку (ТП), які суттєво впливають на умови праці водіїв. Встановлено, що найбільш інформативним методом опису стану ТП є рівень завантаження, а індикатором складності дорожніх умов – геометричні параметри автомобільних доріг.

Проаналізовано методи оцінки ризиків, які можуть бути використаними для визначення рівня безпеки здійснення перевезень небезпечних вантажів. Також взято до уваги існуючі методи дослідження психофізіологічних особливостей водіїв, як індикаторів їх надійної роботи. На основі аналізу цих методик встановлено, що найбільш інформативним методом визначення ФС, є аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) на основі запису електрокардіограми.

Визначення психологічних особливостей водіїв проводилось методом соціонічного типування, оскільки така система надає більш широке уявлення про особистість, ніж стандартні тестові методи.

Охарактеризовано методику проведення експериментальних досліджень, яка враховує особливості роботи водіїв та типи дорожніх умов при перевезенні небезпечних вантажів.

Метою експериментальних досліджень було визначення закономірностей впливу умов руху, сформованих маршрутами перевезення небезпечних вантажів, на ФС водіїв. Ця необхідність зумовлена подальшим використанням отриманих результатів у розробці заходів щодо вдосконалення технологічного процесу перевезень.

Основною підмножиною врахованих чинників обрані ті, які характеризують водія, умови руху та технологію перевезень, а доцільність їх врахування та наявність зв'язку між собою в транспортних процесах підтвержені попередніми дослідженнями по цій тематиці.

До них відносяться:

- показники ТП (інтенсивність та щільність, рівень завантаження);
- дорожні умови (їх типологія, зумовлена геометричними характеристиками автомобільних доріг);
- особливості проходження маршруту руху (залежно від його конфігурації змінюється протяжність ділянок щільного скупчення людей та транспортних засобів (ТЗ));
- психофізіологічні особливості водіїв (виражені у таких показниках ВСР, як індекс напруження (ІН), триангулярний індекс (Ті) та показник активності регуляторних систем (ПАРС), а також їх професійні якості (відношення віку водіїв до стажу роботи).

Визначено, що водіїв, які брали участь у дослідженнях можна розподілити на три умовні групи, за допомогою чого характеризується зв'язок їх професійних якостей та психічних функцій. Результати зведення занесені до табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл досліджуваних водіїв на умовні групи

Група №	Відношення віку до стажу роботи	Переважаючі психічні функції
1	< 5	екстраверсія – мислення
2	5-10	екстраверсія – інтуїція
3	> 10	інтроверсія – сенсорика

Такий розподіл дозволяє чітко розмежувати водіїв за їхніми особливостями для того, щоб оцінювати рівень їхнього ФС під час виконання рейсів з урахуванням умов руху.

До чинників, які брались до уваги в їх сталому стані віднесені деякі елементи системи «водій – автомобіль – дорога – середовище», які є важко передбачуваними, а їх варіація може залежати від конкретних особливостей проходження технологічних процесів перевезення – гідрометеорологічні умови, характеристики транспортних засобів, перелік досліджуваних вантажів та умов навантажувально-розвантажувальних операцій.

Для отримання достовірних результатів досліджень визначена кількість замірів шуканих величин. Правильна пріоритетність врахування вище перелічених чинників дозволила отримати точні результати, які відповідають меті дисертаційних досліджень.

У третьому розділі проведено натурні дослідження щодо встановлення зміни ФС водіїв, які перевозили небезпечні вантажі у різних дорожніх умовах.

Під час керування ТЗ в населеному пункті, рівень напруження роботи водіїв, зумовлений їх ФС змінюється відносно основних показників ТП, таких як щільність та інтенсивність. Також отримані результати свідчать про те, що рівень завантаження є чинником, який характеризує вплив стану ТП на ФС водіїв при перевезенні небезпечних вантажів.

Отримані залежності зміни показників ФС водія від інтенсивності руху ТП для різних досліджуваних груп вказують на те, що значення ІН за інтенсивності до 1000 од/год має певну варіацію, але коливається в межах 150-300 у.о. Значне відхилення цього показника помітно тоді, коли інтенсивність потоку зростає до 2000 од/год і вище. Відповідно до цього, водії, які відносяться до першої групи перебувають у стані вираженої напруги. Інші водії працюють в умовах помірного напруження.

Також встановлено, що при щільності ТП до 60 авто/км, ІН знаходиться в межах від 150 до 200 у.о. Це свідчить про те, що рівень напруги майже непомітний. Різка зміна показника ІН водія настає при збільшенні щільності до межі 120 – 160 авто/км. В цьому випадку мова йде про багатосмугову проїзну частину, де наявна велика кількість маневрів. В свою чергу, значення ІН водіїв свідчить про те, що вони перебувають в стані перенапруги, оскільки знаходиться в межах 250 – 350 у.о. у водіїв, які відносяться до першої та другої груп. Якщо

взяти до уваги водіїв третьої групи, то їхні показники функціонального напруження є на 18-22% вищими.

Для того, щоб визначити зміну ФС водіїв при русі в межах населеного пункту, варто крім варіації первинних показників ТП, якими є щільність потоку та інтенсивність руху, звернути увагу на якісний показник умов руху. Цим показником є рівень завантаження ділянок вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Результати дослідження зміни ІН водіїв за різного рівня завантаження наведено на рис. 1.

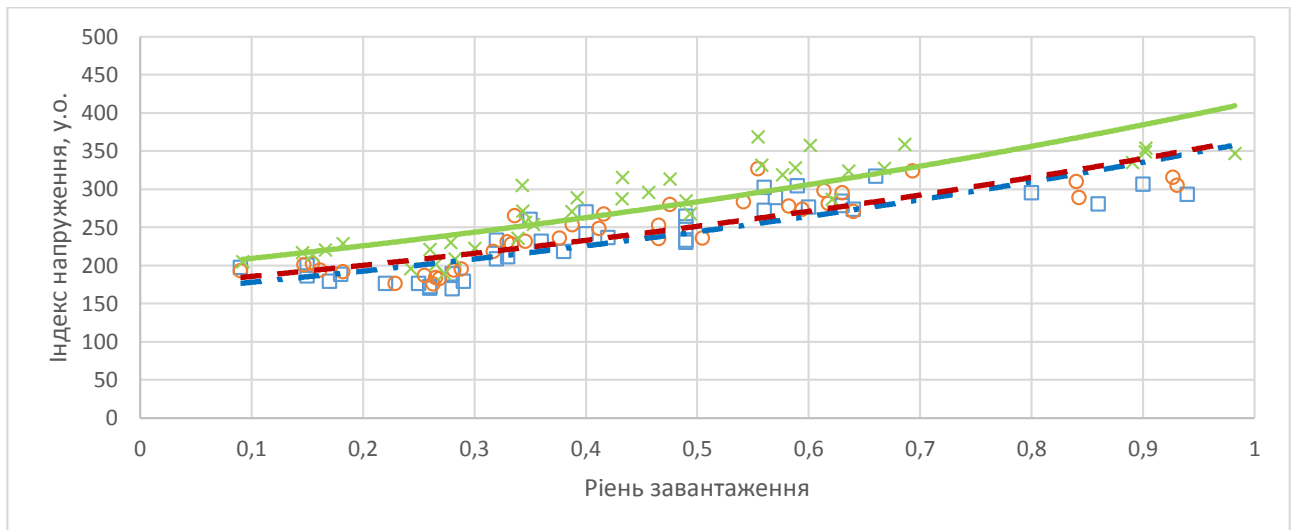


Рис. 1. Зміна ІН водіїв за різного рівня завантаження при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - - - - - Група 1
- - - - - - Група 2
- × - - - - - Група 3

Відповідно до отриманих залежностей, можна стверджувати, що рівень завантаження ділянок ВДМ здійснює значний вплив на ФС водія, тим самим знижуючи надійність його роботи. При цьому, цей вплив є незначним для всіх груп водіїв при рівні завантаження А ($Z < 0,3$), оскільки ІН становить, в такому випадку, 150-200 у.о, що є ознакою незначного психоемоційного навантаження. При значеннях $Z > 0,5$ (рівні завантаження В і Г) спостерігається ріст ІН. Це пов'язано із нестабільним режимом руху, який вимагає від водіїв підвищеної уваги та виконання більшої кількості дій.

Рух за межами населеного пункту характеризувався змінними умовами, оскільки досліджувані маршрути проходили через ділянки доріг різних категорій та в різній місцевості. Слід зазначити, що характеристики транспортного засобу є сталими, а до уваги брались лише дослідження, які проходили в хороших погодніх умовах, основними чинниками, які впливали на водія були криві в плані та профілі а також рівень завантаження дороги рухом.

Результати досліджень наведені у вигляді залежностей основних психофізіологічних показників водіїв різних груп від параметрів автомобільної дороги. Варто зазначити, що для значень рівня завантаження менших за 0,5 та більших за 0,5 вони відрізняються між собою. Для прикладу наведено зміну ІН

водіїв залежно від радіусів кривих у плані при рівні завантаження $Z > 0,5$ (рис. 2).

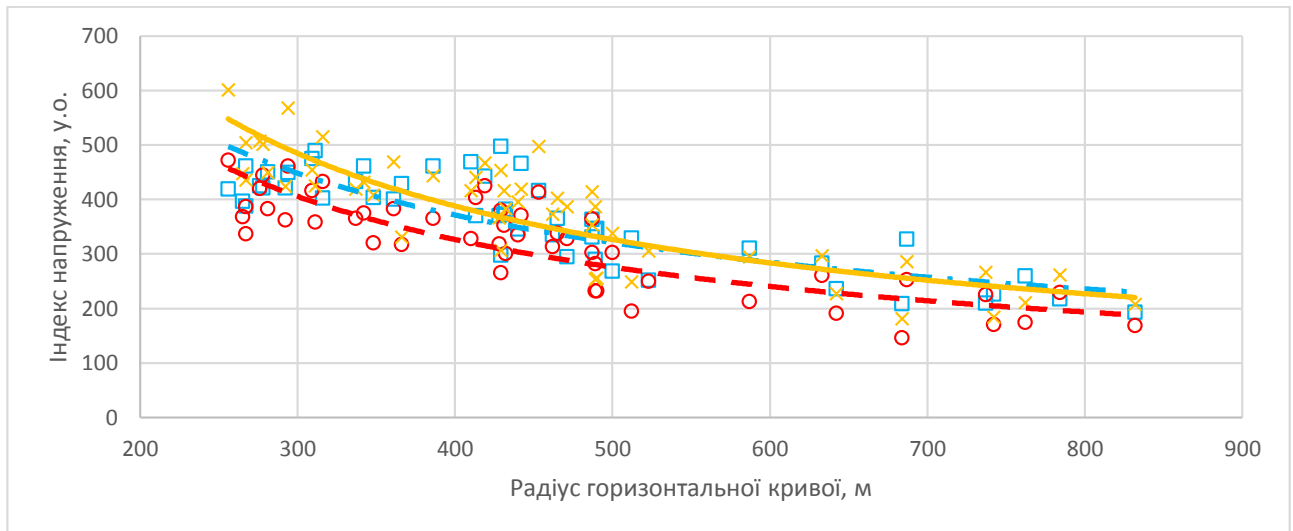


Рис. 2. Зміна ІН водіїв, залежно від величини горизонтальних кривих за рівня завантаження $Z > 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

- — - - - - - Група 1
- — - - - - - Група 2
- × — — — — — Група 3

За рівня завантаження більше 0,5 ІН водіїв набуває високих значень, при чому, цей показник динамічно змінюється при зменшенні радіусів повороту траси. Водії третьої групи перебувають у стані більш вираженої перенапруги, ніж інші, але ця тенденція спостерігається лише при зменшенні радіусів горизонтальних кривих до 400 м і менше. За інших умов, ІН водіїв першої та третьої групи змінюється практично в однакових межах. Варто зазначити, що ІН водіїв другої групи є найнижчим серед розглянутих. Це пояснюється кращим сприйняття таких умов руху водіями певних соціотипів.

Під час аналізу досліджень виявлено, що психічні та професійні особливості водіїв є чинником, який також впливає на їх ФС та напруженість роботи. Залежно від умов руху, значення показників ФС водіїв різних груп можуть відрізнятися на 15-20%.

У четвертому розділі отримані залежності зміни ПАРС водіїв які враховують складність маршруту перевезення, означену параметрами автомобільної дороги та ВДМ міста, а також станом ТП. Математично описано закономірності максимальної тривалості роботи водіїв в різних умовах руху на основі значень ПАРС та складності цих умов. Визначено ймовірнісні характеристики отриманих результатів, на основі яких стає можливим проводити оцінку безпеки процесу перевезень небезпечних вантажів.

На основі аналізу проведених досліджень побудовано залежність зміни ПАРС водіїв (формули 1, 2), які керують транспортними засобами, що перевозять небезпечний вантаж в межах населеного пункту і поза ним із урахуванням складності маршруту перевезення і тривалості роботи.

$$PARS = a \cdot T + b \cdot n_c + c \cdot Z + PARS_0 \quad (1)$$

де T – час руху, хв; n_c – кількість перехресть з магістральними вулицями; Z – середній рівень завантаження ділянок ВДМ вздовж маршруту; $PARS_0$ – початкове значення ПАРС водія; a , b , c – коефіцієнти.

$$PARS = a \cdot T + b \cdot nR + c \cdot ni + PARS_0 \quad (2)$$

де nR – кількість радіусів повороту менших за 500 м, ni – кількість поздовжніх ухилів більших за 35 %.

Коефіцієнти в рівнянні відображають вагу чинників, які відповідають за складність маршруту: кількість перехресть в одному рівні з магістральними вулицями, рівень завантаження ділянок ВДМ, тривалість руху, кількість горизонтальних і вертикальних кривих. Варто зазначити, що значення коефіцієнтів для водіїв різних груп є іншими.

На основі результатів досліджень, проведений розрахунок важкості наслідків в результаті настання дорожньо-транспортних пригод (ДТП) із транспортним засобом, який перевозить небезпечний вантаж, а також оцінений рівень ризику при здійсненні такого перевезення з врахуванням ФС водіїв.

На основі отриманих даних можна визначити ймовірність того, що у водія буде спостерігатися значення ІН, який відповідатиме стану перенапруги на такій ділянці маршруту, де ризик виникнення важких наслідків в результаті ДТП є найбільшим. Ця ймовірність обчислюється за допомогою використання альтернативної форми теореми Баєса:

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B/A) \cdot P(A) + P(B/\neg A) \cdot P(\neg A)} \quad (3)$$

де $P(A)$ – ймовірність опинитися на ділянці скупчення людей; $P(A/B)$ – ймовірність перебування на ділянці скупчення людей в певний момент часу при значенні ІН, вищому за допустиме; $P(B/A)$ – ймовірність отримання значення ІН, вище за допустиме на ділянці скупчення людей; $P(\neg A)$ – ймовірність опинитися на ділянці без скупчення людей; $P(B/\neg A)$ – ймовірність отримати значення ІН, вище за допустиме на ділянці без скупчення людей.

Для того, щоб визначити рівень ризику для конкретного випадку, потрібно визначити позицію точки на площині відповідності ризиків (рис. 3). Абсциса точки визначається за розрахунком для кожного виду вантажу (добуток радіусу ураження певної вибухонебезпечної речовини на щільність осіб, які знаходяться у небезпечній ділянці), а положення на осі ординат визначається як добуток ймовірності появи транспортного засобу, який перевозить вантаж на ділянці скупчення людей, яким керує водій з незадовільним ФС в цей момент на умовну ймовірність виникнення ДТП (для розрахунків безпеки джерела наводять $25 \cdot 10^{-7}$ ДТП за рік на 1 млн автомобілекілометрів).

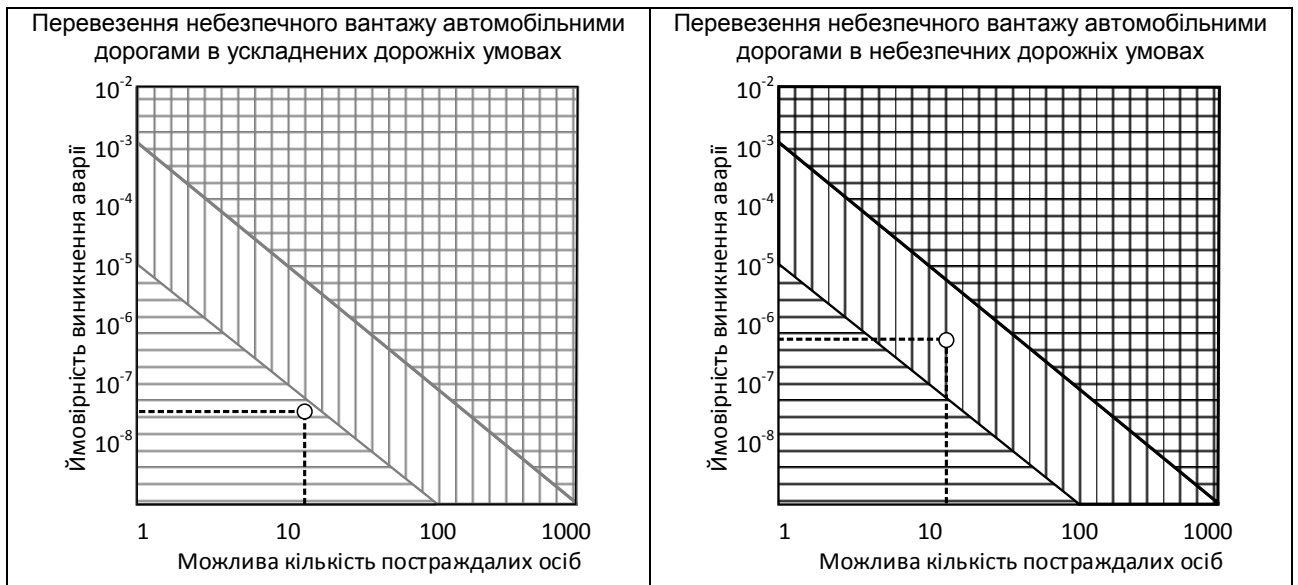
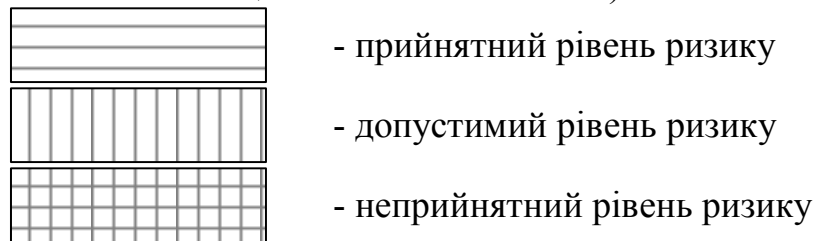


Рис. 3. Діаграма визначення рівня ризиків при перевезенні кисню в балонах з врахуванням дорожніх умов та функціонального стану водія (ймовірність опинитись на ділянці скупчення людей 0,019, щільність 25 осіб/100м²):



Основною перевагою цього методу є те, що він дозволяє використовувати універсальний підхід до прогнозування умов в яких здійснюватимуться перевезення небезпечних вантажів. Це, в свою чергу, забезпечує можливість детальної підготовки до процесу перевезення, включаючи підбір водіїв та режиму їхньої роботи, вибір маршруту перевезення та витрати на страхування небезпечних вантажів від настання ДТП та їх наслідків.

Виходячи з результатів досліджень та аналітичних розрахунків впливу параметрів транспортних потоків та складності дорожніх умов на ФС водіїв, виникає потреба в удосконаленні умов транспортування за критерієм безпеки.

При перевезенні небезпечних вантажів в межах населеного пункту спостерігається значний вплив рівня завантаження ВДМ на рівень ризику виникнення ДТП. Мінімізація цих ризиків може бути досягнута шляхом зміни маршрутизації перевезень та графіку доставки вантажів споживачам. При русі за межами населеного пункту, варто враховувати складність дорожніх умов.

Постає завдання проведення паралельних процесів проектування маршрутів руху та складання графіків роботи ТЗ і водіїв. Оскільки дорожні умови є змінними і чутливими до часу доби, умови руху протягом робочого дня змінюються на ділянках проходження маршруту, що призводить до необхідності їх врахування на проміжних етапах побудови маршрутів та графіків руху. В такому випадку постає комбінаторна задача з елементами динамічного програмування, де проміжні стани системи в конкретні моменти часу можуть

бути описаними закономірностями, отриманими в результаті попередніх досліджень.

Для побудови опорного плану задачі формується матриця найкоротших дозволених шляхів руху між споживачами, проте, з врахуванням ризиків та ФС водія, необхідним є введення ваги кожного ребра у графі. Результати досліджень показують, що рівень завантаження вулиці (дороги) рухом значно впливає на ФС водія і, так само, відіграє значну роль при розрахунку ризиків, тому відповідним буде формування ваги ребра (g) як добуток відстані між пунктами (l) на середній рівень завантаження ВДМ вздовж цих ділянок (z).

$$g = l \cdot z \quad (4)$$

Цільова функція, в такому випадку, виглядатиме так:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} + \dots + F_{n-m+1} \Rightarrow \min \quad (5)$$

де $F_{n-1} \dots F_{n-m+1}$ – проміжні стани системи, які визначаються за такою послідовністю:

$$F_m = \min \{g_{i,m}(T_m); g_{m,j}(T_m)\} \quad (6)$$

де $g_{i,m}$ – вага ребра в момент часу T_m . Часовий момент визначається так:

$$T_m = T_0 + t_{p,n} + t_{n-p,n} \quad (7)$$

де T_0 – початковий момент часу; t_n – тривалість руху між споживачами в наступній ітерації задачі; t_{n-p} – тривалість навантажувально-розвантажувальних операцій.

Тривалість руху t_n визначається із залежності зміни технічної швидкості від рівня завантаження, враховуючи в яких умовах здійснюється перевезення. Якщо мова йде про рух автомобільними дорогами, де значний вплив на ФС водія та рівень ризиків впливає не тільки рівень завантаження, але й дорожні умови, вага ребер повинна набувати дещо іншого вигляду:

$$g = l \cdot k_{\partial y} \quad (8)$$

де $k_{\partial y}$ – коефіцієнт, який враховує погіршення ФС водія за різної складності дорожніх умов, який обчислюється за формулою:

$$k_{\partial y} = \frac{IH_{\partial y}}{IH_n} \quad (9)$$

де $IH_{\partial y}$ – значення ІН водіїв, які рухаються в певних дорожніх умовах; IH_n – значення ІН в нормі.

Для того, щоб створити правильну послідовність дій при вирішенні поставленого завдання, варто скористатись таким алгоритмом (рис. 4).

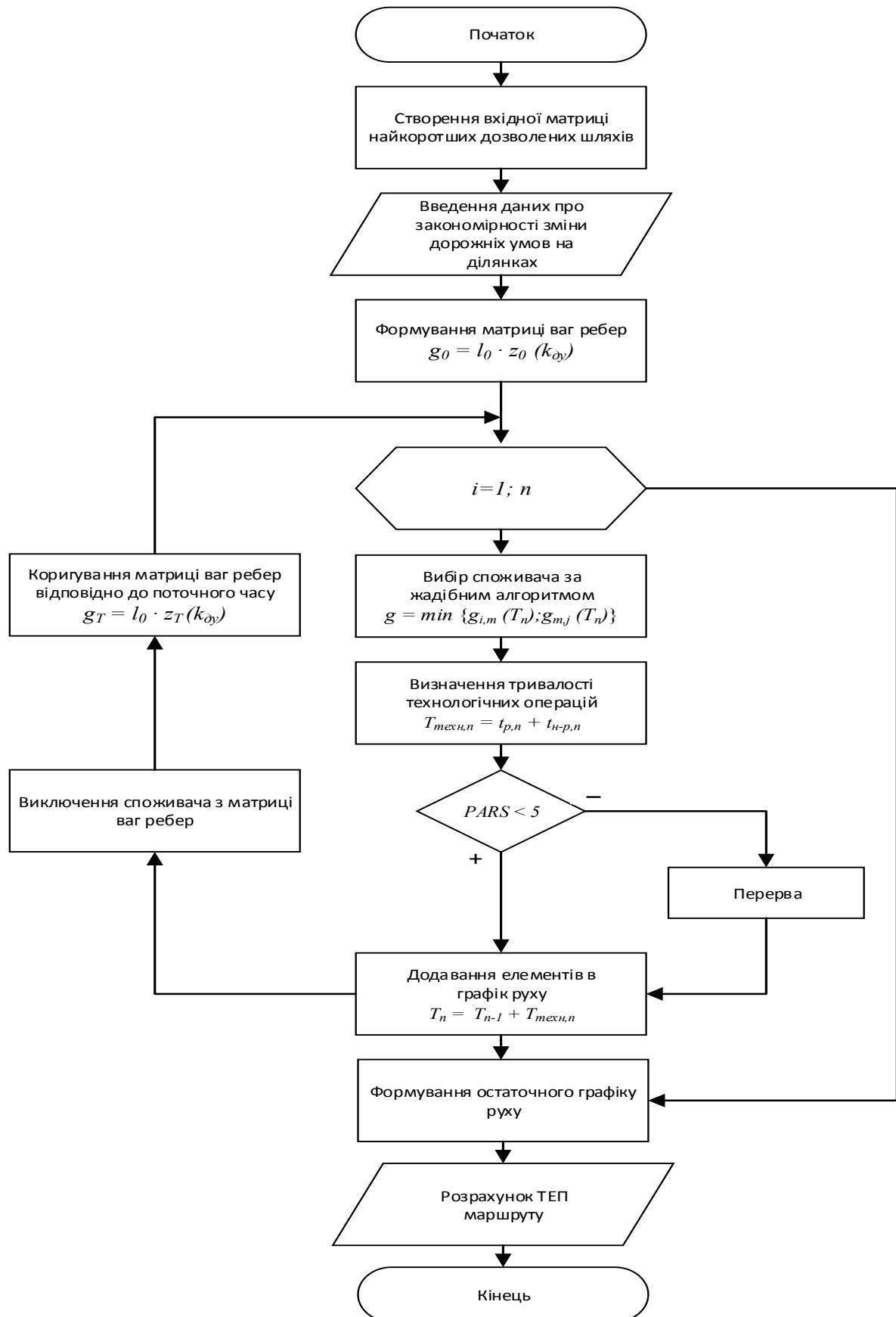


Рис. 4. Алгоритм розрахунку оптимального маршруту доставки небезпечного вантажу з врахуванням фактора людини і умов руху

Відповідно до побудованої блок-схеми проектування маршруту, враховані критерії, які характеризують рівень безпеки перевезень. Відповідно до цих критеріїв повинен розроблятися графік руху автомобіля по маршруту та режим роботи водія. Оскільки при русі в межах населеного пункту основним чинником впливу на ФС водіїв є рівень завантаження ділянок ВДМ, який напряму залежить від інтенсивності руху, важливим є врахуванням періоду доби та напрямку руху відносно центру міста. Так як інтенсивність руху є нерівномірною величиною в часі і просторі, графік руху повинен відповідати найбільш безпечному проходженню маршруту. Це досягається розрахунком рівня завантаження на ділянках та визначенням часу відправлення і прибуття до споживачів.

При русі в «непікові» періоди доби, а також за напрямками які є протилежними до переважаючих за інтенсивністю руху, ймовірність опинитися на ділянках із високим рівнем завантаження є мінімальною. Для кожного міста зі своєю конфігурацією ВДМ ці напрямки і періоди будуть іншими, що спонукає до індивідуального підходу в проектуванні маршрутів доставки небезпечних вантажів та складанні графіків руху. Те ж саме стосується і перевезень за межами населеного пункту. Проте, дотримуючись вищевказаної технології маршрутизації перевезень, рівень ризиків можна суттєво зменшити, оскільки зміна вхідних параметрів лише коригує напрямок наступних кроків у вирішенні поставленого завдання.

Розроблений алгоритм також передбачає ряд обмежень у своєму використанні, адже відстані перевезень та кількість вантажних пунктів повинні знаходитись в таких межах, щоб загальна тривалість роботи на маршруті не перевищувала норму. Для того, щоб знайти крайні точки цих обмежень, проведено математичне моделювання процесу перевезень за різних вхідних параметрів.

Математичне моделювання розробленого алгоритму підтверджує адекватність проектування маршрутів перевезень небезпечних вантажів за наступних умов:

- кількість вантажних одиниць (балонів) в кузові одного автомобіля визначається сумарним обсягом замовлень з урахуванням вантажності ТЗ;
- середня технічна швидкість визначається з урахуванням дорожніх умов;
- тривалість вантажних робіт визначається наявністю технічного обладнання для їх проведення.

Алгоритм передбачає, що максимальна тривалість роботи на маршруті не може перевищувати 8 год (480 хв), враховуючи кількість споживачів.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання дисертаційної роботи здійснено розв'язання науково-прикладного завдання, яке полягає у вдосконаленні технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з урахуванням фактора людини.

1. Аналіз вітчизняних і закордонних джерел, які стосуються перевезень небезпечних вантажів підтвердив, що за наявності великої кількості норм і

правил у цій сфері, а також наукових досліджень, питання ролі фактора людини під часу такого процесу залишається відкритим. В дослідженнях, які стосуються психофізіології водіїв, питання зміни їх функціонального стану під час технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів є недостатньо висвітленим. Проаналізовано методи проектування технологічних процесів вантажних перевезень та дослідження особливостей змін їхніх параметрів. Визначено методику дослідження складності дорожніх умов, функціонального стану та соціотипу водіїв, як основних особливостей, які зумовлюють характер їх роботи.

2. Проведені експериментальні дослідження зміни функціонального стану водіїв, які поділяються на групи у відповідності до їхніх професійних та соціонічних якостей. Дорожні умови, які відносяться до ускладнених та небезпечних (поздовжні ухили більші від 30%, радіуси горизонтальних кривих менші від 1000 м та рівень завантаження більший від 0,5) спричиняють погіршення показників функціонального стану водіїв у 1,5 – 2 рази. Це підтверджується значеннями індексу напруження більшими від 200 у.о. та триангулярного індексу меншого від 30 у.о.

3. В межах населеного пункту, при значеннях інтенсивності більших від 1500 од/год на двох та трьохсмугових ділянках вулично-дорожньої мережі, індекс напруження зростає до 200-250 у.о., а триангулярний індекс спадає до 30-25 у.о. Схожий вплив здійснює щільність транспортного потоку, якщо її значення перевищує 80-100 авто/км. Встановлено, що при $Z > 0,5$ індекс напруження зростає до 250 у.о., а триангулярний індекс спадає до 30 у.о., що свідчить про стан напруги. При збільшенні рівня завантаження до 0,8-0,9 показники функціонального стану водія змінюються на 25-40% в гіршу сторону.

4. Вдосконалено методику оцінки ризиків при перевезенні небезпечних вантажів, із урахуванням як можливої аварійності на ділянках вулиць та доріг так і особливостей впливу дорожніх умов на функціональний стан водіїв. Відповідно до цієї методики, за таких умов руху, коли ймовірність отримати значення індексу напруження більше за допустиме, вона включається як додатковий чинник, який підвищує ризики в технологічному процесі перевезень небезпечних вантажів. Також надано оцінку ризикам із урахуванням особливостей проходження маршруту руху та вибухонебезпеки вантажів.

5. Розроблено алгоритм проектування маршрутів перевезень небезпечних вантажів з урахуванням фактора людини, який враховує функціональний стан водіїв та дорожні умови. Його використання дозволяє формувати елементи технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів за критерієм мінімальних ризиків, які відображаються у виборі напрямків руху із меншою складністю дорожніх умов, що є більш доцільним ніж проектування маршрутів за критеріями мінімальної відстані. Це дає можливість уникнути виникнення зайвих ризиків та потенційно аварійних ситуацій, спричинених фактором людини.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Жук М.М. Прогнозирование функционального состояния водителя при движении в равнинных условиях / М.М. Жук, Т.М. Постранський, М.О. Афонін // Сборник научных трудов «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов». – Минск: БНТУ, 2015. – С. 75 – 82.

2. Жук М.М. Показник активності регуляторних систем як оцінка функціонального стану водія / М.М. Жук, В.В. Ковалишин, М.О. Афонін // Вестник Харьковского національного автомобільно-дорожного університета. – Харків: ХНАДУ, 2014. – №67. – С. 131-133.

Статті у фахових виданнях України

3. Жук М.М. Вплив часу перебування за кермом та умов руху на функціональний стан водія / М.М. Жук, М.О. Афонін // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: ЛНТУ, 2013. – №45. – С. 193–197.

4. Жук М.М. Зміна психофізіологічного стану водія у різних за складом транспортних потоках / М.М. Жук, Т.М. Постранський, М.О. Афонін // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів та поїздів: Щорічний науково-виробничий журнал. – Львів: НТУ НКЦ, 2014. – №22. – С. 83–85.

5. Афонін М.О. Вплив дорожніх умов на показники функціонального стану водія / М. О. Афонін, Т. М. Постранський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – №866. – С. 112 – 115.

6. Постранський Т. М., Афонін М. О. Тривалість роботи водія як чинник впливу на безпеку руху /Т.М. Постранський, М.О. Афонін // Науковий журнал «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті». –Луцьк: ЛНТУ, 2018. – № 1 (10). – С. 85–89.

7. Афонін М.О. Зміна функціонального стану водія при перевезенні небезпечного наливного вантажу за різної складності дорожніх умов / М.О. Афонін, Т.М. Постранський, Д.В. Семків // Автошляховик України. – Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2018. – №2'2018. – С. 51 – 53.

Наукові праці, в яких опубліковані додаткові наукові результати дисертації

8. Афонін М.О. Прогнозування зміни функціонального стану водія за різних умов руху / М.О. Афонін // 71-ша студентська науково-технічна конференція НУ «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – С. 127-128.

9. Постранський Т.М. The Change of Bus Drivers` Functional State / Т. М. Постранський, М. О. Афонін // VI Міжнародний молодіжний науковий форум

«Litteris et Artibus»: матеріали, 24 – 26 листопада 2016 року. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 354 – 355.

10. Постранський Т.М. The change of bus driver's functional condition, moving in the plain road / Т.М. Постранський, М.О. Афонін // VII Міжнародний молодіжний науковий форум «Litteris et Artibus»: матеріали, 23 – 25 листопада 2017 року. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 269 – 270.

11. Ройко Ю.Я. Визначення пропускнуої здатності елементів вулично-дорожньої мережі / Ю.Я. Ройко, М.О. Афонін // Матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства». – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 169-171.

12. Афонін М.О. Щодо питання визначення взаємодії елементів системи «Водій – Дорожні умови» в процесі руху / М.О. Афонін // Матеріали XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства». – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 108-109.

13. Афонін М.О. Щодо визначення безпечних швидкостей руху з точки зору граничних можливостей сприйняття водіїв / М.О. Афонін // Міські і регіональні транспортні проблеми: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – С. 17.

14. Євчук Ю.Ю. Застосування зарубіжного досвіду у сфері безпеки дорожнього руху / Ю.Ю. Євчук, Я.Ю. Корик, С.А. Плесак, М. О. Афонін // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кривий Ріг, 17 листопада 2017 року. – Кривий Ріг: ДЮІ МВС, 2017. – С. 88 – 90.

Опубліковані праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

15. Жук М.М. Зміна показника активності регуляторних систем водія за різних умов руху / М.М. Жук, Т.М. Постранський, М.О. Афонін // Електронне наукове фахове видання «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології». – 2013. – Вип. 5. – С. 79–81.

16. Афонін М.О. Людський чинник у моделюванні транспортних потоків / М.О. Афонін // Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – С. 41.

17. Афонін М.О. Щодо застосування соціологічних та психологічних методів дослідження водіїв маршрутних транспортних засобів / М.О. Афонін // Всеукраїнська науково-практична конференція «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні (до 50-річчя інституту Украавтобуспром/ВКЕІ Автобуспром)»: тези доповідей, 24 – 25 вересня 2015 року. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – С. 74.

18. Афонін М.О. Основні показники варіабельності серцевого ритму водія, які можуть бути використані для оцінки впливу на нього дорожніх умов / М.О.

Афонін // II Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання», 16–18 березня 2017 року: Тези доповідей. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – С. 106.

19. Афонін М.О. Вплив умов руху на функціональний стан водіїв при перевезенні небезпечних вантажів / М.О. Афонін // III Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання», 28–30 березня 2019 року: Тези доповідей. – Львів: ПП «Просвіт», 2019. – С. 125 – 126.

20. Афонін. М. О. Застосування портативних приладів та мобільних додатків для психофізіологічних обстежень водіїв / М. О. Афонін, Т. М. Постранський // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кривий Ріг, 17 листопада 2017 року. – Кривий Ріг: ДЮІ МВС, 2017. – С. 12 – 13.

21. Афонін. М. О. Врахування дорожніх умов при створенні технологічних схем перевезень небезпечних вантажів / М.О. Афонін // Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства». – Кременчук: КрНУ, 2018. – С. 90-91.

АНОТАЦІЯ

Афонін М.О. Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з врахуванням фактора людини. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2019.

Основним завданням дисертаційної роботи є врахування фактора людини у формуванні маршрутів доставки небезпечних вантажів, які визначають умови безпечного виконання технологічного процесу перевезень.

Проведено експериментальні дослідження зміни показників функціонального стану водіїв різних вікових та соціонічних груп за різної складності дорожніх умов під час перевезення небезпечних вантажів другого класу в населеному пункті та за його межами.

Вдосконалено методику визначення рівнів ризику настання дорожньо-транспортних пригод та оцінки їх наслідків з врахуванням особливостей маршруту перевезень, умов руху та функціонального стану водіїв для здійснення перевезень в межах населеного пункту та автомобільними дорогами.

Розроблено алгоритм проектування розвізних маршрутів небезпечних вантажів із врахуванням умов руху та функціонального стану водія. Його використання дозволяє формувати елементи технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів за критерієм мінімальних ризиків, які відображаються у виборі напрямків руху із меншою складністю дорожніх умов, що є більш доцільним ніж проектування маршрутів за критеріями мінімальної відстані.

Ключові слова: небезпечні вантажі, технологічний процес, дорожні умови, рівень ризику, транспортні потоки, соціонічне типування, маршрути перевезень, функціональний стан водія.

АНОТАЦІЯ

Афонин М.О. Совершенствование технологических процессов перевозки опасных грузов с учетом человеческого фактора. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 «Транспортные системы» - Национальный университет «Львівська політехніка», Министерства образования и науки Украины, Львов, 2019.

Основной задачей исследования является учет фактора человека в формировании маршрутов доставки опасных грузов, которые определяют условия безопасного выполнения технологического процесса перевозок.

Проведены экспериментальные исследования изменения показателей функционального состояния водителей различных возрастных и соционических групп по различной сложности дорожных условий при перевозке опасных грузов второго класса в населенном пункте и за его пределами.

Усовершенствована методика определения уровней риска наступления дорожно-транспортных происшествий и оценки их последствий с учетом особенностей маршрута перевозок, условий движения и функционального состояния водителей для осуществления перевозок в пределах населенного пункта и автомобильными дорогами.

Разработан алгоритм проектирования развозных маршрутов опасных грузов с учетом условий движения и функционального состояния водителя. Его использование позволяет формировать элементы технологического процесса перевозки опасных грузов по критерию минимальных рисков, которые отображаются в выборе направлений движения с меньшей сложностью дорожных условий, является более целесообразным чем проектирование маршрутов по критериям минимальной дальности доставки.

Ключевые слова: опасные грузы, технологический процесс, дорожные условия, уровень риска, транспортные потоки, соционическое типирование, маршруты перевозок, функциональное состояние водителя

SUMMARY

Afonin M.O. The improvement of technological processes of dangerous goods transportation considering human factor. – On the rights of the manuscript.

Dissertation in support of candidature for a technical degree in specialty 05.22.01 “Transport systems” – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2019.

The main task of this paper is taking into account the human factor in the formation of dangerous goods transportation routes, which determine the conditions

for safe implementation of the technological process of transportation. With the increase of motorization level and consolidation of the population of large cities in Ukraine, there is a growing use of resources for the construction of various facilities, as well as for the maintenance and operation of road transport. Consequently, the volume of transportation of goods associated with the creation and maintenance of these objects is increasing. All new tasks related to the safety of cargo transportation were created, and special attention should be paid to those that are dangerous. It is known that, in the process of trucking, there are interconnected elements that form the driver-car-road-environment system. If the technical parameters of cars and roads are known and can be predicted, then the environmental and driver variables are still the least studied elements of this system. During transportation of dangerous goods, the cost of a driver error is extremely high, as accidents that can occur with the participation of such vehicles have serious consequences. Consideration of the features of the road conditions and the reliability of the driver's work determines the relevance of the dissertation.

In the course of the research, the following methods were used: field research methods for establishing the values of traffic flow intensities on highways; methods of chamber studies to determine the value of the capacity of roads; electrophysiological methods for determining the change in the functional state of drivers; methods of systematic analysis for processing the results of the conducted researches and their interpretation; methods of statistical and mathematical analysis for establishing the levels of risk of accidents when transporting dangerous goods in different conditions.

Experimental researches of change of indicators of functional state of drivers of different age and socioic groups were carried out under different complexity of road conditions during transportation of dangerous goods of the second class in the settlement and beyond.

The methodology of determining the risk levels of an accident and assessment of their consequences was considered, taking into account the peculiarities of the route of traffic, conditions of traffic and drivers functional condition for transportation within the settlement and motorways.

The algorithm of design of dangerous goods freight routes was developed taking into account the driving conditions and the functional state of the driver. Its use allows to form elements of technological process of dangerous goods transportation by the criterion of minimal risks, which are reflected in the choice of directions with less road conditions complexity, which is more expedient than the design of routes by the the minimum distance criteria.

The obtained results allow to improve technological processes of dangerous goods transportation under the traffic condition with the use of an algorithm that takes into account both the functional state of drivers and road conditions. Risk assessment in the technological process of transportation of dangerous goods allows to choose safe routes of traffic of vehicles both within and outside settlements.

Keywords: dangerous goods, technological process, road conditions, risk level, traffic flows, socioic typing, transportation routes, driver's functional condition.

Афонін Максим Олександрович

**Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів
з врахуванням фактора людини**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск *В. В. Ковалишин*

Підписано до друку 21.10.2019 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк ксерографічний. Ум. друк. арк. 0,7.
Наклад 100 прим. Зам. №10-13
