

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Афонін Максим Олександрович

УДК 656.025.4

ДИСЕРТАЦІЯ

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ З ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРА ЛЮДИНИ

Спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

М. О. Афонін

Науковий керівник Жук Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент

Львів – 2019

АНОТАЦІЯ

Афонін М.О. Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з врахуванням фактора людини. – Кваліфікаційна наукова праця 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.

Із підвищенням рівня автомобілізації та ущільнення населення великих міст в Україні, спостерігається використання більшої кількості ресурсів для будівництва різного роду об'єктів, а також для обслуговування та експлуатації автомобільного транспорту. Відповідно збільшуються обсяги перевезень вантажів, пов'язаних зі створенням та обслуговуванням цих об'єктів. Створюються все нові завдання, пов'язані із безпекою транспортування вантажів, зокрема особливу увагу потрібно приділяти тим, які відносяться до небезпечних.

Основним завданням дисертаційної роботи є врахування фактора людини у формуванні маршрутів доставки небезпечних вантажів, які визначають умови безпечного виконання технологічного процесу перевезень. Як відомо, у процесі автомобільних вантажних перевезень діють взаємопов'язані елементи, які формують систему «водій – автомобіль – дорога – середовище». Якщо технічні параметри автомобілів та доріг є відомими і їх можна і передбачити, то змінні параметри навколишнього середовища та водія надалі 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 тяжкі наслідки.

У роботі під час досліджень використовувались: методи натурних досліджень для встановлення значень інтенсивностей руху транспортних потоків на автомобільних дорогах; методи камеральних досліджень для визначення значення пропускної 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 в різних умовах.

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.

Отримані результати дозволяють проводити вдосконалення технологічних процесів перевезень небезпечних вантажів за умови побудови маршрутів руху транспортних засобів із застосуванням алгоритму, який враховує як функціональний стан водіїв так і дорожні умови. Оцінка ризиків у технологічному процесі перевезень небезпечних вантажів дозволяє заздалегідь обирати безпечні маршрути руху транспортних засобів як в межах населених пунктів, так і поза ними.

Результати дисертаційної роботи були впровадженні в ТОВ «Швидкий світ» та у ДП ДІПМ «Містопроект» під час розроблення маршрутів перевезення небезпечних вантажів та оцінки рівнів ризику при проектуванні схем організації руху вантажного транспорту у населених пунктах та за їх межами.

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

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

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 университета. – 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 напрямі 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 напрямі 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: ДЮОІ 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.

SUMMARY

Afonin M.O. 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 sociogenic 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 FS of drivers 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.

The results of the dissertation were implemented in the company "Shvydkyi Svit" and in SE SIDC "Mistoproekt" during the development of dangerous goods transportation routes and assessment of risk levels in the design of schemes for the organization of freight transport in settlements and beyond.

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

AUTHOR'S PUBLICATIONS ON THE SUBJECT OF THE THESIS:**Articles in scientific and professional journals**

1. Zhuk M.M. Prohnozyrovanye funktsyonalnogo sostoianya vodytelia pry dvyzhenyy v ravnynnykh uslovyakh / M.M. Zhuk, T.M. Postranskyi, M.O. Afonin // Sbornyk nauchnykh trudov «Sovershenstvovanye orhanyzatsyy dorozhnoho dvyzhenyia y perevozok passazhyrov y hrucov». – Minsk: BNTU, 2015. – S. 75 – 82.
2. Zhuk M.M. Pokaznyk aktyvnosti rehuliatornykh system yak otsinka funktsionalnogo stanu vodiia / M.M. Zhuk, V.V. Kovalyshyn, M.O. Afonin // Vestnyk Kharkovskoho natsionalnogo avtomobylno-dorozhnoho unyversyteta. – Kharkiv: KhNADU, 2014. – №67. – S. 131-133.
3. Zhuk M.M. Vplyv chasu perebuvannia za kermom ta umov rukhu na funktsionalnyi stan vodiia / M.M. Zhuk, M.O. Afonin // Mizhvuzivskyi zbirnyk «Naukovi notatky». – Lutsk: LNTU, 2013. – №45. – S. 193–197.
4. Zhuk M.M. Zmina psykhoфизиологичного стану vodiia u riznykh za skladom transportnykh potokakh / M.M. Zhuk, T.M. Postranskyi, M.O. Afonin // Proektuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia avtotransportnykh zasobiv ta poizdiv: Shchorichnyi naukovo-vyrobnychiy zhurnal. – Lviv: NTU NKTs, 2014. – №22. – S. 83–85.
5. Afonin M.O. Vplyv dorozhnykh umov na pokaznyky funktsionalnogo stanu vodiia / M. O. Afonin, T. M. Postranskyi // Visnyk Natsionalnogo universytetu «Lvivska politekhnikha». Seriia: dynamika, mitsnist ta proektuvannia mashyn i pryladiv. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2017. – №866. – S. 112 – 115.
6. Postranskyi T. M., Afonin M. O. Tryvalist roboty vodiia yak chynnyk vplyvu na bezpeku rukhu / T.M. Postranskyi, M.O. Afonin // Naukovyi zhurnal «Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti». – Lutsk: LNTU, 2018. – № 1 (10). – S. 85–89.
7. Afonin M.O. Zmina funktsionalnogo stanu vodiia pry perevezenni nebezpechnoho nalyvnoho vantazhu za riznoi skladnosti dorozhnykh umov / M.O. Afonin, T.M. Postranskyi, D.V. Semkiv // Avtoshliakhovyk Ukrainy. – Kyiv: DP «DerzhavtotransNDIproekt», 2018. – №22018. – S. 51 – 53.

Publications, which additionally reflect the results of research

8. Afonin M.O. Prohnozuvannia zminy funktsionalnogo stanu vodiia za riznykh umov rukhu / M.O. Afonin // 71-sha studentska naukovo-tekhnichna konferentsiia NU «Lvivska politekhnik». – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2013. – S. 127-128.
9. Postransky T.M. The Change of Bus Drivers` Functional State / T. M. Postransky, M. O. Afonin // VI Mizhnarodnyi molodizhnyi naukovyi forum «Litteris et Artibus»: materialy, 24 – 26 lystopada 2016 roku. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2016. – 1 elektron. opt. dysk (CD-ROM). – S. 354 – 355.
10. Postranskyi T.M. The change of bus drivers functional condition, moving in the plain road / T.M. Postranskyi, M.O. Afonin // VII Mizhnarodnyi molodizhnyi naukovyi forum «Litteris et Artibus»: materialy, 23 – 25 lystopada 2017 roku. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2017. – 1 elektron. opt. dysk (CD-ROM). – S. 269 – 270.
11. Royko Yu.Ia. Vyznachennia propusknoi zdatnosti elementiv vulychno-dorozhnoi merezhi / Yu.Ia. Royko, M.O. Afonin // Materialy XX mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh «Aktualni problemy zhyttiediialnosti suspilstva». – Kremenchuk: KrNU, 2013. – S. 169-171.
12. Afonin M.O. Shchodo pytannia vyznachennia vzaiemodii elementiv systemy «Vodii – Dorozhni umovy» v protsesi rukhu / M.O. Afonin // Materialy XXI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh «Aktualni problemy zhyttiediialnosti suspilstva». – Kremenchuk: KrNU, 2014. – S. 108-109.
13. Afonin M.O. Shchodo vyznachennia bezpechnykh shvydkostei rukhu z tochky zoru hranychnykh mozhlyvostei spryiniattia vodiiv / M.O. Afonin // Miski i rehionalni transportni problemy: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova, 2015. – S. 17.
14. Yevchuk Yu.Iu. Zastosuvannia zarubizhnoho dosvidu u sferi bezpeky dorozhnoho rukhu / Yu.Iu. Yevchuk, Ya.Iu. Koryk, S.A. Plesak, M. O. Afonin // Bezpeka dorozhnoho rukhu: pravovi ta orhanizatsiini aspekty: materialy KhII Mizhnarodnoi

naukovo-praktychnoi konferentsii, m. Kryvyi Rih, 17 lystopada 2017 roku. – Kryvyi Rih: DIuI MVS, 2017. – S. 88 – 90.

Abstracts of the conferences

15. Zhuk M.M. Zmina pokaznyka aktyvnosti rehuliatornykh system vodiia za riznykh umov rukhu / M.M. Zhuk, T.M. Postranskyi, M.O. Afonin // Elektronne naukove fakhove vydannia «Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii». – 2013. – Vyp. 5. – S. 79–81.

16. Afonin M.O. Liudskyi chynnyk u modeliuvanni transportnykh potokiv / M.O. Afonin // Vseukrainska naukovo-teoretychna konferentsiia «Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia». – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2015. – S. 41.

17. Afonin M.O. Shchodo zastosuvannia sotsiologichnykh ta psykholohichnykh metodiv doslidzhennia vodiiv marshrutnykh transportnykh zasobiv / M.O. Afonin // Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia «Avtobusobuduvannia ta pasazhyrski perevezennia v Ukraini (do 50-richchia instytutu Ukraavtobusprom/VKEI Avtobusprom)»: tezy dopovidei, 24 – 25 veresnia 2015 roku. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2015. – S. 74.

18. Afonin M.O. Osnovni pokaznyky variabelnosti sertsevoho rytmu vodiia, yaki mozhut buty vykorystani dlia otsinky vplyvu na noho dorozhnykh umov / M.O. Afonin // II Vseukrainska naukovo-teoretychna konferentsiia «Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia», 16–18 bereznia 2017 roku: Tezy dopovidei. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2017. – S. 106.

19. Afonin M.O. Vplyv umov rukhu na funktsionalnyi stan vodiiv pry perevezenni nebezpechnykh vantazhiv / M.O. Afonin // III Vseukrainska naukovo-teoretychna konferentsiia «Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia», 28–30 bereznia 2019 roku: Tezy dopovidei. – Lviv: PP «Prosvit», 2019. – S. 125 – 126.

20. Afonin. M. O. Zastosuvannia portatyvnykh pryladiv ta mobilnykh dodatkov dlia psykholohichnykh obstezhen vodiiv / M. O. Afonin, T. M. Postranskyi //

Bezpeka dorozhnoho rukhu: pravovi ta orhanizatsiini aspekty: materialy KhII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, m. Kryvyi Rih, 17 lystopada 2017 roku. – Kryvyi Rih: DIuI MVS, 2017. – S. 12 – 13.

21. Afonin. M. O. Vrakhuvannia dorozhnykh umov pry stvorenni tekhnolohichnykh skhem perevezen nebezpechnykh vantazhiv / M.O. Afonin // Materialy XXV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh «Aktualni problemy zhyttiediialnosti suspilstva». – Kremenichuk: KrNU, 2018. – S. 90-91.

ЗМІСТ

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА	4
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ТА ФАКТОРА ЛЮДИНИ В ДОРОЖНЬОМУ РУСІ.....	23
1.1. Аналіз технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів	23
1.1.1. Характеристика небезпечних вантажів 2-го класу.....	23
1.1.2 Правове регулювання перевезення небезпечних вантажів.	25
1.1.3 Технологічний процес перевезення небезпечних вантажів	26
1.1.3 Дослідження ризиків, пов'язаних з процесом перевезень небезпечних вантажів.....	29
1.2 Психофізіологічні особливості водіїв, як внутрішні чинники впливу на надійність їх роботи.....	33
1.2.1 Поняття надійності роботи водіїв	33
1.2.2 Психологічні та фізіологічні аспекти в діяльності водіїв.....	35
1.3 Чинники зовнішнього середовища, які впливають на водія	40
1.3.1 Основні взаємозв'язки в системі «водій – автомобіль – дорога - середовище»	40
1.3.2 Вплив характеристик транспортних засобів на водія	41
1.3.3 Вплив дорожніх чинників на водія	42
1.3.4 Вплив особливостей технологічного процесу перевезень на водія	46
1.4 Висновки до розділу	47
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОЛІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ.....	49
2.1 Методи проектування елементів технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів	49
2.1.1. Методи проектування маршрутів руху.....	49
2.1.2. Методи складання графіків роботи рухомого складу	54
2.2 Методи визначення складності дорожніх умов	55
2.2.1 Типологія дорожніх умов за їх складністю	55
2.2.2 Методи визначення показників безпеки руху.....	57
2.2.3 Методи оцінки стану транспортного потоку	58
2.3 Методи оцінки рівнів ризику при перевезенні небезпечних вантажів.....	60
2.4. Методи визначення психофізіологічних особливостей водіїв.....	64

2.4.1. Електрофізіологічні методи	64
2.4.2 Варіабельність серцевого ритму, як основний метод дослідження функціонального стану водія	65
2.4.3 Технічні та програмні засоби для визначення функціонального стану водіїв	67
2.4.4 Методика визначення соціотипу водіїв	69
2.5 Методика проведення експериментальних досліджень	70
2.5.1 Планування експерименту	70
2.5.2 Визначення соціотипів водіїв	75
2.6 Висновки до розділу	78
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ	80
3.1 Дослідження зміни показників функціонального стану водіїв під час роботи в межах населеного пункту	80
3.2 Дослідження зміни показників функціонального стану водіїв під час роботи за межами населеного пункту	87
3.3 Дослідження впливу технологічного процесу перевезень на функціональний стан водіїв	96
3.4 Дослідження впливу дорожніх умов на технологічний процес перевезень небезпечних вантажів	98
3.5 Аналіз проведених досліджень	100
3.6 Висновки до розділу	105
РОЗДІЛ 4. ВРАХУВАННЯ ФАКТОРА ЛЮДИНИ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	107
4.1 Закономірності зміни функціонального стану водія від властивостей маршруту руху	107
4.1.1 Модель зміни показника активності регуляторних систем водіїв під час руху в межах населеного пункту	107
4.1.2 Модель зміни показника активності регуляторних систем водіїв під час руху за межами населеного пункту	109
4.2 Вдосконалення методики визначення ризиків в технологічному процесі перевезення небезпечних вантажів	112
4.4 Висновки до розділу	130
ВИСНОВКИ	132

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	134
ДОДАТКИ.....	144
Додаток А. Бланк питань та ключі до тесту індикатора типів Маєрс-Бріггс ...	144
Додаток Б. Результати досліджень показників функціонального стану водіїв	150
Додаток В. Розраховані рівні ризиків під час перевезення вантажів другого класу небезпеки з врахуванням фактора людини	176
Додаток Г. Акти впровадження	181
Додаток Д. Перелік публікацій автора за темою дисертації	184

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВАДС	Водій – автомобіль – дорога – середовище
ВДМ	Вулично-дорожня мережа
ФС	Функціональний стан
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ТЗ	Транспортний засіб
ТП	Транспортний потік
ШГР	Шкірно-гальванічна реакція
ІН	Індекс напруження
ПАРС	Показник активності регуляторних систем
ВСР	Варіабельність серцевого ритму
МВТІ	Індикатор типів Маєрс-Бріггс

ВСТУП

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 рамках 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 задачі дослідження

Метою дослідження 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'єктом дослідження є 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; методи камеральних досліджень для визначення значення пропускної 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 в 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.

Основні Результати дисертаційної роботи були впровадженні в ТОВ «Швидкий світ» та у ДП ДППМ «Містопроект» під час розроблення маршрутів перевезення небезпечних вантажів та оцінки рівнів ризику при проектуванні схем організації руху вантажного транспорту у населених пунктах, а також у Національному університеті «Львівська політехніка» на кафедрі «Транспортні технології» під час організації навчального процесу студентів стаціонарної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології», спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)», які навчаються за освітніми програмами «Організація і регулювання дорожнього руху» та «Організація перевезень і управління на транспорті».

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 додаток Д], проведено дослідження зміни функціонального стану водія з використанням приладу Polar H7 [13 додаток Д], встановлено закономірності впливу окремих технологічних операцій перевезення небезпечних вантажів на функціональний стан водіїв [7, 12, 14 додаток Д], проаналізовано психологічні та соціологічні методи досліджень особливостей водіїв [10 додаток Д], визначено закономірності впливу показників транспортних потоків на умови праці водіїв [4 додаток Д], проведено комплексну оцінку зміни функціонального стану водія під час робочого дня [2 додаток Д].

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 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.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ТА ФАКТОРА ЛЮДИНИ В ДОРОЖНЬОМУ РУСІ

1.1. Аналіз технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів

1.1.1. Характеристика небезпечних вантажів 2-го класу

Перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом є потенційною і щоденною загрозою для людей і навколишнього середовища, використовуваних для таких операцій. Це питання міжнародного значення, оскільки транспортування таких вантажів, а також перевезення інших товарів, здійснюється незалежно від кордонів країн.

У системі управління транспортними ризиками перевезення небезпечних вантажів завжди привертало увагу як теоретиків, так і практиків, зокрема через більший масштаб можливих наслідків у результаті настання небажаної події при транспортуванні. Хоча у світовій практиці для більшості небезпечних вантажів ймовірність настання аварії під час їх перевезення становить лише 10^{-6} на милю, наслідки інциденту, порівняно з транспортуванням іншого комерційного вантажу, більш масштабні [1].

Відповідно до законодавства, транспортування небезпечних вантажів дорогами Європи регулюються міжнародною угодою ДОПНВ (Європейська угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів). Ця угода поділяє небезпечні вантажі на дев'ять класів [2,3]. Вантажі, які розглядаються в цій роботі, відносяться до другого класу безпеки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Характеристика небезпечних вантажів другого класу [2]

Клас	Підклас	Коротка характеристика
2 – гази	2.1.	Незаймісті неотруйні гази
	2.2.	Отруйні гази
	2.3.	Легкозаймісті (горючі) гази
	2.4.	Отруйні і легкозаймісті гази

До вантажів 2 класу небезпеки, відповідно до ДОПНВ відносяться [2]:

- гази, що не спалахують – не є отруйними, не вибухають і не легкозаймисті, вони можуть комбінуватись з іншими газами при перевезенні;
- отруйні гази, що не спалахують – транспортують їх у скрапленому чи стислому вигляді під сильним тиском. Вони не належать до вибухонебезпечних, проте дозволяється їх перевезення тільки з газами першого підкласу;
- легкозаймисті гази – перевозяться у стислому вигляді і теж комбінуються з газами першого підкласу;
- легкозаймисті отруйні гази – є отруйними, комбінуються при перевезенні з тими газами першого підкласу, котрі мають низьку здатність до займистості.
- хімічно-нестійкі – їм присутня хімічна стійкість і підвищена вибухова здатність;
- хімічно-нестійкі отруйні – легкозаймисті гази, низька хімічна стійкість, транспортуються окремо, або лише з незаймистими газами першого підкласу.

Найбільш розповсюдженими вантажами цього класу небезпеки є: газові запальнички, стислі і зріджені гази в балонах, лаки і дезодоранти в аерозольній упаковці; стислі і понижені охолоджені гази в балонах, або в судинах Дьюара – повітря, вуглекислий газ, азот, кисень, хлор, іприт [4].

За статистичними даними, транспортні аварії при перевезенні газів та нафтопродуктів, є серйозною загрозою для навколишнього середовища [5].

Проаналізувавши ринок перевезень небезпечних вантажів 2-го класу, спостерігається тенденція до збільшення обсягів транспортування газів у балонах на розвізних маршрутах. Ці речовини найчастіше використовуються у будівництві, металообробці, а також в дотичних до них галузях. Найнебезпечнішими вантажами серед всього переліку, який найчастіше перевозиться в міському та обласному сполученні типу «виробник – споживач», «виробник – склад» чи «склад – споживач» є: ацетилен, технічний кисень, вуглекислий газ, пропан та метан.

1.1.2 Правове регулювання перевезення небезпечних вантажів.

Сьогодні основними документами, що визначають правові, організаційні, соціальні та економічні сфери діяльності, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів в Україні, є закони України “Про приєднання України до Європейської угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів” (ДОПНВ) та “Про перевезення небезпечних вантажів”, Постанова Кабінету Міністрів України від 29.01.1999 № 104 “Про заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям під час перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом”, Правила дорожнього руху, затверджені Постановою Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 р. № 1306 “Про правила дорожнього руху”, Порядок і правила проведення обов'язкового страхування відповідальності суб'єктів перевезення небезпечних вантажів, затверджені Постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2002 р. № 733, Правила дорожнього перевезення небезпечних вантажів, затверджені наказом МВС України від 26.07.2004 р. № 822 тощо [6].

Вітчизняні дослідники та інженери, а також законодавство України передбачають ряд вимог до водіїв та транспортних засобів, які перевозять вантажі другого класу безпеки. До основних слід віднести [2,3,7]:

- особливі методи навантаження-розвантаження;
- конструкція і маркування балонів;
- положення вантажу у транспортних засобах;
- вимоги до конструкції транспортних засобів;
- відповідна кваліфікація водіїв;
- вимоги до режиму руху та стоянки;
- документальний контроль.

Умови, обмеження та різного роду правила, передбачені нормативними документами, є обов'язковими до виконання, що накладає на автопідприємства, і особливо, на водія низку додаткових зобов'язань, що значно ускладнює сам процес перевезення.

Беручи до уваги вибухонебезпечні гази в балонах, застосування і транспортування яких є найбільш поширеним, основні їхні властивості та вимоги до них можна навести в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні вимоги до маркування і транспортування небезпечних газів у балонах [2,7]

Речовина	Кисень технічний	Ацетилен	Вуглекислий газ	Пропан	Метан
Код ООН	1072	3374	1013	1978	1971
Клас. код	1O	2F	2A	2F	1F
Колір балонів	синій	білий	чорний	червоний	червоний
Об'єм, л	40	40	40	50	57
Вага, кг	55-70	90	78-85	43	70
Робочий тиск, Мпа	14,7	1,5-1,8	15	1,6	20
Транспортна категорія	3	2	3	2	2
Ідент. номер небезпеки	25	-	20	23	23

Відповідно до своїх властивостей, найбільш вибухонебезпечною речовиною є технічний кисень. Для нього також діють особливі умови транспортування при перевезенні різного виду балонів в одному кузові, а також спеціальні інструкції з охорони праці при навантажувально-розвантажувальних операціях та зберіганні.

1.1.3 Технологічний процес перевезення небезпечних вантажів

Перевезення небезпечних вантажів представляє собою типову логістичну систему транспортування і потребує перевірки безпеки кожного її етапу проектування та реалізації [8].

Автори [9-11] також виділяють перевезення небезпечних вантажів як окремий особливий технологічний процес. Технологічна схема перевезень такого виду вантажу вимагає наявності додаткових блоків, які стосуються погодження перевезень у контролюючих органів, наявності додаткової документації та особливої уваги до складання маршрутів.

Більшість небезпечних вантажів, які перевозяться в Україні та за кордоном відносяться до другого та третього класів [1,6], відповідно частка дорожньо-транспортних пригод (ДТП) за участю транспортних засобів, які здійснюють перевезення різних видів небезпечних вантажів є найбільшою, а наслідки таких аварій є важкими, оскільки мова йде про вибухонебезпечні речовини.

Додатково проаналізувавши основні особливості технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів у джерелах [8,11] загальний технологічний процес перевезення небезпечних вантажів можна розділити на такі етапи (рис. 1.1).

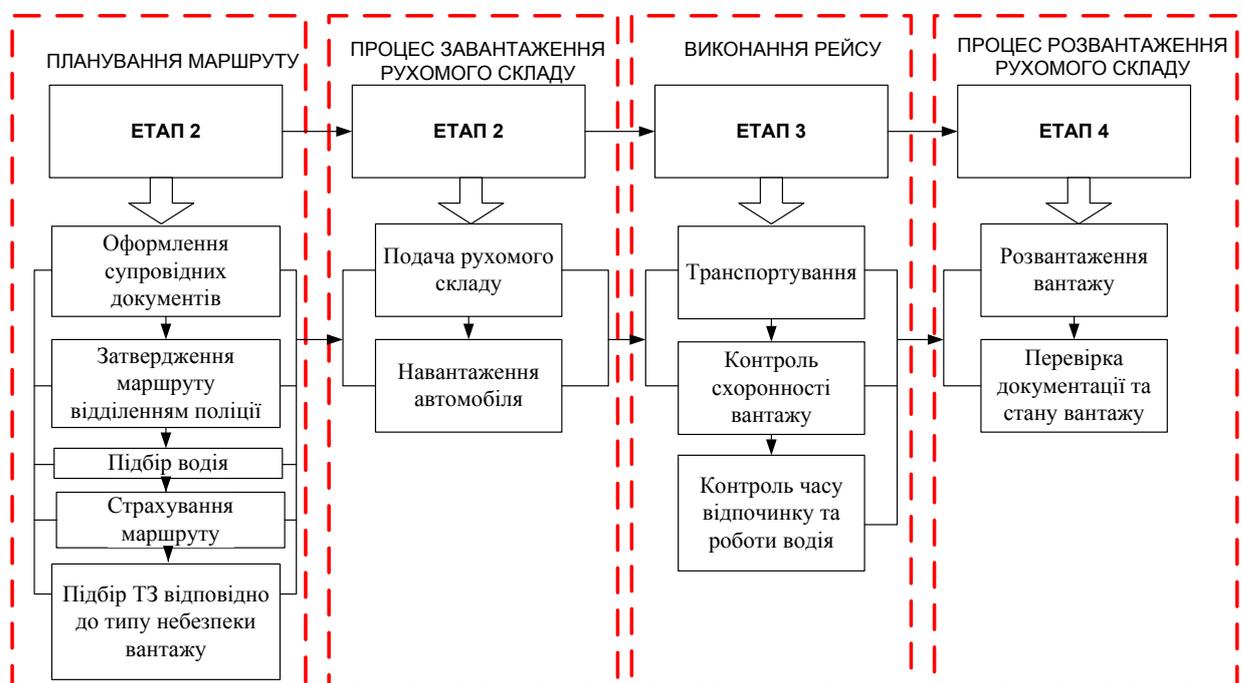


Рис. 1.1. Схема технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів

Інколи вона буває видозмінена за рахунок того, що не завжди транспортування починається із заводів, переважно спочатку нафтопродукти та газу транспортують на залізничні вагони і тоді уже перевантажуються на автомобільні цистерни. В таких схемах присутній ще один проміжний пункт – залізнична станція. Також варто відмітити, що коли час рейсу перевищує 12 год, то такі схеми повинні враховувати час руху та відпочинку вже не одного, а двох водіїв [2,8].

Аналізуючи працю [12] можна відмітити, що існує велика кількість чинників, які впливають на технологічні процеси перевезення вантажів. Більшість із них поділяють на групи, що дозволяє відокремити їх особливості впливу на цей процес. В загальному, перелік груп таких чинників з врахуванням [12] наведений на рис. 1.2.

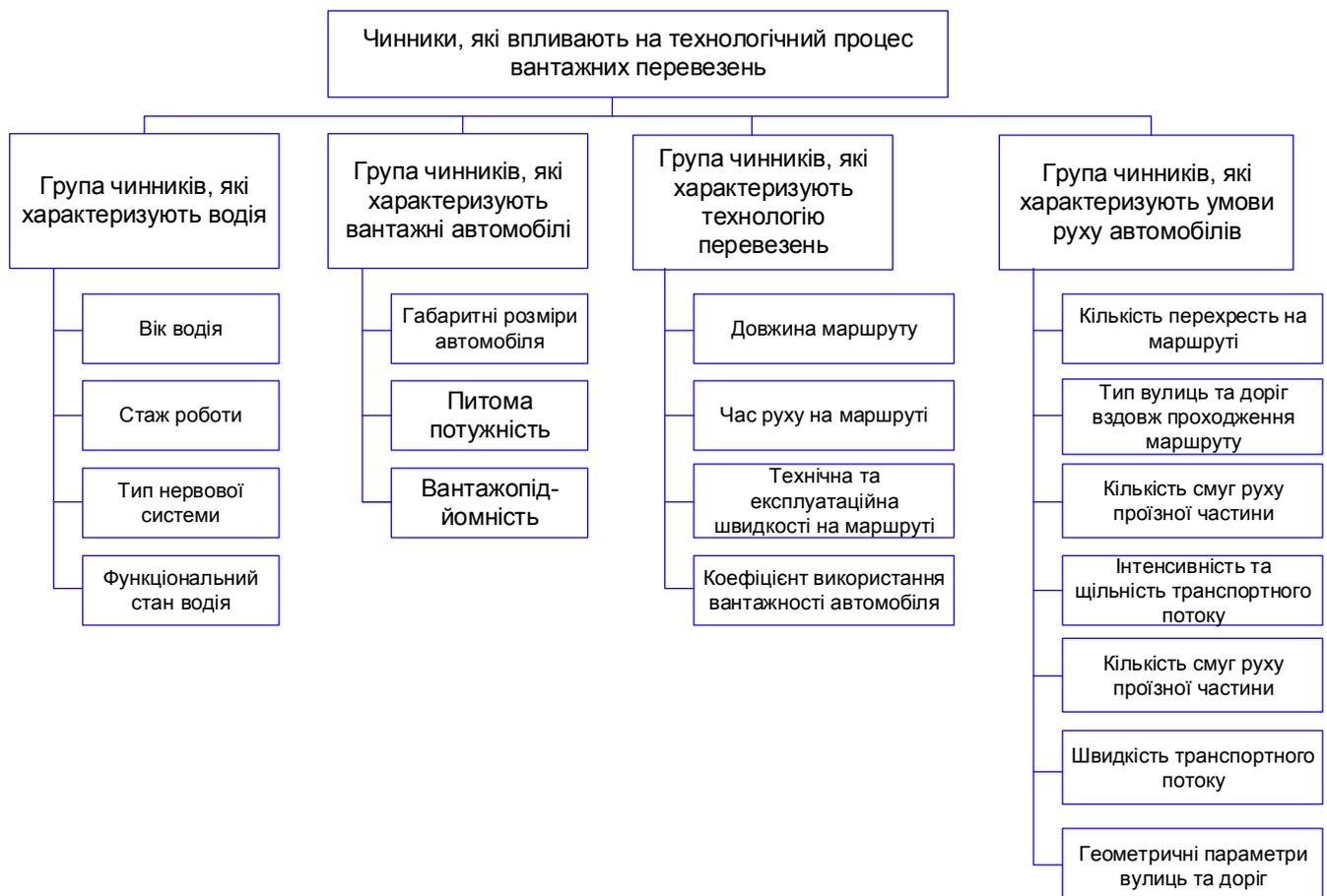


Рис. 1.2. Взаємозв'язок чинників, які впливають на технологічний процес перевезення вантажів

До групи чинників, які характеризують умови руху автомобілів відносять: основні показники транспортних потоків, геометричні параметри доріг та особливості вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Чинниками, які характеризують транспортний засіб (ТЗ) є його технічні характеристики. Технологія перевезень характеризується особливостями маршруту, а до чинників, які характеризують водія відносять його вік, стаж роботи, тип нервової системи, функціональний стан (ФС) тощо.

1.1.3 Дослідження ризиків, пов'язаних з процесом перевезень небезпечних вантажів

Дослідники із США [13] приділяють багато уваги оцінці ризиків при здійсненні таких перевезень (що може впливати на вартість страхування) та попередньому складанні маршрутів.

В статті [14] розглядається проблема перевезення пального у Швеції та шляхи покращення безпеки цих операцій. Наведено пропозиції як до систем обліку перевезень, так і моніторингу руху автотранспорту, який перевозить небезпечні вантажі. Дещо інший принцип спеціального моніторингу автотранспорту для автомобілів Італійської нафтової компанії розроблений дослідниками в роботі [15]. Інші дослідники [16] розглядали методи побудови дорожньої мережі та глобальної маршрутизації для перевезень небезпечних вантажів.

Автори Andrea Conca, Chiara Ridella та Enrico Saporì [17] оцінили статистику ДТП, які стались в Італії з небезпечними вантажами (в.т.ч. паливом) та, провівши ряд досліджень, запропонували методику розрахунку маршрутів перевезення із врахуванням інтенсивності, щільності та швидкості на ділянках доріг.

Канадські вчені проводили вивчення ризиків, пов'язаних із транспортуванням небезпечних вантажів через населені пункти. Проведений аналіз зміни вартості перевезень залежно від міри відхилення маршруту слідування ТЗ. Але поки їм не вдалося встановити баланс між прийнятним ризиком та оптимальною вартістю перевезень, оскільки вона напряму залежить від довжини маршруту [18].

Моделювання транспортного процесу в м. Лісабон (Португалія) так само стосувалось співвідношенням ризиків виникнення аварії та калькуляції вартості перевезень пального по міських АЗС [19]. Варто зазначити, що в цій роботі застосовувались методи теорії графів для прийняття оптимального рішення. Схожу задачу розглядають науковці Ірану в роботі [20].

Незважаючи на значну кількість праць стосовно природи ризиків та їх виникнення в різних галузях науки, сьогодні в літературі чіткого визначення ризиків при перевезенні небезпечних вантажів немає [21].

Відповідно до класичного визначення поняття «ризик» -- це міра частоти і тяжкості шкоди через небезпеку. В контексті транспортування небезпечних вантажів небезпека полягає в тому, що вантаж має токсичні, вибухонебезпечні та легкозаймисті властивості, які можуть заподіяти шкоду навколишньому середовищу [22].

Інші автори [23] вважають, що ризик, який виникає в процесі транспортування небезпечних вантажів, є особливою загрозою, яка потребує особливих стратегій та інструментів для її зменшення.

Автори праці [24] стверджують, що ризик, пов'язаний з транспортуванням небезпечних вантажів, важко зрозуміти, адже він пов'язаний з усією дорожньою мережею та залежить від багатьох чинників дорожнього руху. Також цей ризик сильно пов'язаний з видом товарів, які транспортуються та фактором людини, оскільки всі рішення, процеси, процедури приймаються та виконуються працівниками різних ланок. Також у цій роботі розглядається один із перших підходів, пов'язаних з оцінкою ризиків, розроблена структура ризику і вартості для маршрутизації вантажних перевезень небезпечних вантажів. Основна ідея цього дослідження полягала, у точному відображенні ризику в транспорті, визначенні параметрів для такого типу системи, розробки постійних наборів маршрутів доставки на основі оптимізації ризику та вартості, оцінки ризиків і невизначеності.

Erkut, E., Verter, V [25] розглянули підхід, наведений у джерелі [24] і запропонували свій спосіб оцінити ймовірність інциденту. Взагалі, дорожньо-транспортні пригоди є основною причиною непередбачених викидів небезпечних речовин під час транспортування. Автори вважають, що в контексті транспортування небезпечних вантажів, ризик означає ймовірність виникнення небажаних наслідків від можливої події витоку, вибуху або займання небезпечних речовин. Явище, розглянуте авторами, є ймовірністю інциденту, яка передбачається як постійне значення для ділянок доріг, оскільки характеристики дороги для кожної ділянки є однаковими. Такий вид ймовірності може бути оцінений лише при наявності історичних даних.

Українські вчені визначили, що на ризики, які пов'язані з дорожніми умовами впливають такі чинники як план траси, конфліктні точки, інтенсивність, швидкість руху, ширина узбіччя; ризики, що пов'язані з учасниками дорожнього руху залежать від часу реакції, чинників всіх елементів системи ВАДС, які впливають на водія, часу реакції, умов руху.

Paolo Serafini [26] зазначає, що транспортування небезпечних вантажів підняло проблему визначення маршрутів перевезення з мінімізацією не тільки довжини чи вартості, але й мінімізацією ризику пошкодження чи втрат, які можуть бути спричинені аваріями. Автор виділяє дві величини, що беруть участь в оцінці ризику, який пов'язаний з певним маршрутом. Першою величиною являється ймовірність виникнення аварії на певному маршруті, другою – витрати, понесені в разі нещасного випадку.

Провівши аналіз певних літературних джерел, науковці стверджують, що багато досліджень, присвячених оцінці ризиків при транспортуванні небезпечних вантажів, зосереджені здебільшого на технічних аспектах та кількісних методах визначення результатів, а не на ризиках, безпосередньо пов'язаних з чинником людини, які досліджуються та аналізуються якісними методами [23].

В праці [27] наведено п'ять компонентів кількісного аналізу ризиків для транспортування небезпечних вантажів: участь транспортного засобу в ДТП; поява поломки та її характеристика; поява викиду небезпечної речовини; розрахунок індивідуальних та соціальних ризиків для кожної ділянки дороги; розрахунок розподілу ризику на певну область для різних випадків.

David F Brown і William E Dunn [28] застосували кількісний метод оцінки ризиків для визначення планування щодо реакції на надзвичайні ситуації. В першу чергу, вони зібрали дані про минулі аварії, які були класифіковані за допомогою статистичного аналізу історичних даних щодо аварій пов'язаних з небезпечними вантажами. Наступним етапом було застосування кількісного методу для оцінки суспільного ризику та оптимізації маршрутів руху. В результаті розроблено метод для оцінки розподілу наслідків, пов'язаних з транспортуванням небезпечних

вантажів, де діапазон наслідків залежить від місцевих погодних умов та густини населення.

Автор праці [23] здійснив виявлення та вивчення ризиків за допомогою методу напівкількісної оцінки ризиків, що дозволяє зосереджуватись строго на операційних ризиках, які виникають внаслідок діяльності різних ланок у системі транспортування небезпечних вантажів. Автор вказує, що детальний аналіз операційних ризиків підтверджує, що фактор людини має значний вплив на забезпечення безпеки в транспортуванні небезпечних вантажів. Результати досліджень автора свідчать про те, що в забезпеченні безпеки транспортування важливу роль відіграють відправники та одержувачі через те, що кількість операційних ризиків з їхньої сторони є найбільшою, а їх рівень – найвищим.

Відповідно до досліджень, що наведені в праці [29], автор виділив ряд превентивних заходів, що стосуються людського чинника в процесі транспортування небезпечних вантажів такі як тренінги для водіїв та персоналу з питань безпеки праці та ергономіки з подальшими експертними оцінками.

В роботі [30] описано алгоритм роботи тестової програми, яка покликана змінювати тип водіння, визначений п'ятьма чинниками, для підвищення безпеки руху.

На основі аналізу теоретичної поведінки водія, авторами [31] створено внутрішню модель в програмному середовищі, що використовується для розробки потенційно небезпечної ситуації, з якою можуть стикнутися водії. Симуляції передбачені для навчання водіїв та покликані покращити сприйняття ризику в майбутньому.

В розглянутих джерелах не зустрічались дослідження, які одночасно охоплювали як визначення ризиків при транспортуванні небезпечних вантажів так і вплив психофізіологічних особливостей водіїв на їх величину. Це підтверджує наукову думку щодо актуальності вивчення питання ролі фактора людини в процесі перевезення небезпечних вантажів.

1.2 Психофізіологічні особливості водіїв, як внутрішні чинники впливу на надійність їх роботи

1.2.1 Поняття надійності роботи водіїв

Умови праці водія, що перевозить небезпечні вантажі можуть бути надзвичайно різні. Це зумовлено тим, що постійно збільшується кількість компонентів навколишнього середовища, які впливають на людину. Також слід враховувати кількість можливих варіантів поєднання цих компонентів. Водій постійно працює зі зміною багатьох чинників, таких як: температура, шум та вібрація в транспортному засобі, а також, дорожні умови [32].

З постійним ростом показника автомобілізації та безперервним ускладненням системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС) особливо актуальною постає проблема надійності «людини-оператора», адже діяльність водія, який транспортує небезпечні вантажні, характеризується непростими, а інколи і екстремальними умовами, які зумовлюють зниження його надійності.

Вперше поняття «надійність людини-оператора» ввів В.Д. Небиліцин [33] і дотримувався думки, що найбільший вплив на людину здійснюють природні властивості нервової системи. Науковець вважав, що виходячи з притаманних людині-оператору особливостей нервової системи можуть бути виділені можливі причини здійснюваних помилок.

Підхід В.Д. Небиліцина продовжив в своїх роботах К.М. Гуревич [34], який спрямував акцент своїх досліджень на визначення зв'язку між професійною здатністю і надійністю «людини-оператора». Але, на його думку, ці поняття не можуть ототожнюватися, адже здатність характеризує потенційні можливості, а надійність – характер її реалізації, що залежить від мотивації оператора.

А.Н. Романов [35] наводить таке визначення поняття «надійності водія» – його здатність безпомилково керувати автомобілем в будь-яких дорожніх умовах протягом всього робочого часу. Також автор виділив три чинники, які визначають

надійність роботи водіїв, а саме професійні навички, підготовка та висока працездатність.

Н.А. Абдулкіна та А.Н. Панфілов [36] вважають, що надійність водія можна розглядати як соціально-психологічну проблему. В своїй праці автори стверджують, що основу надійності водія складають медико-біологічна і психологічна надійність.

В.Н. Пушкін, Л.Н. Нерсеян та Н.А. Ігнатов [37] провели найбільш фундаментальні дослідження психофізіологічних характеристик з метою створення рекомендацій і методик проведення дослідження водія. В свою чергу, автор праці [38] вказує на те, що психофізіологічний відбір водіїв проводиться практично у всіх країнах, де спостерігається високий показник автомобілізації. Застосування такого відбору, на думку авторів, дозволяє суттєво збільшити надійність водіїв, зменшити матеріальні втрати та ризики для людей.

В.І. Коноплянко [39] стверджує, що значний вплив на надійність роботи здійснюють час складної реакції, показники уваги та швидкість обробки інформації.

А.І. Вайсман [40] визначив такі чинники негативного впливу на надійність людини як підвищена схильність до ризику, емоційна нестійкість, агресивність, неадекватна реальності ієрархія цінностей та відчуття особистої переваги над іншими.

Науковці у роботах [34-35] навели метод для аналізу надійності людини який використовується для розрахунку ймовірностей людської помилки, і визначається як відношення фактичного значення кількості помилок до максимально можливого. Для конкретного застосування цього методу стосовно водіїв виділено такі необхідні компоненти як класифікація завдань керування автомобілем; визначення правильної поведінки у кожному з цих завдань; перелік відхилень, які можна розглядати як помилки, від правильних дій та адекватні способи спостереження для визначення помилок та ситуацій, які їх спричиняють. Автори вказують, що оцінка надійності водіїв може бути використана як для порівняння

груп задач, що виникають перед водіями, так і для порівняння їх особистісних характеристик.

1.2.2 Психологічні та фізіологічні аспекти в діяльності водіїв

В.М. Мішурін і А.Н. Романов [41] вказують, що психологічна надійність і стійкість суб'єкта залежить від таких особливостей як відчуття і сприйняття, швидкість і точність сенсорномоторних реакцій, уваги, мислення, пам'яті та емоцій. Автори дійшли висновку, що психологічна надійність досягається шляхом покращення професійних якостей [41]. Автори в своїх працях також розкривали ступінь впливу психофізіологічних і особистісних характеристик на безпеку дорожнього руху.

Так як 90% інформації надходить до водія за допомогою зорового аналізатора [32], цей вид відчуттів є найбільш важливим. На рис. 1.3 наведено результати досліджень точності сприйняття відстані до зустрічного автомобіля в лабораторних та польових умовах.

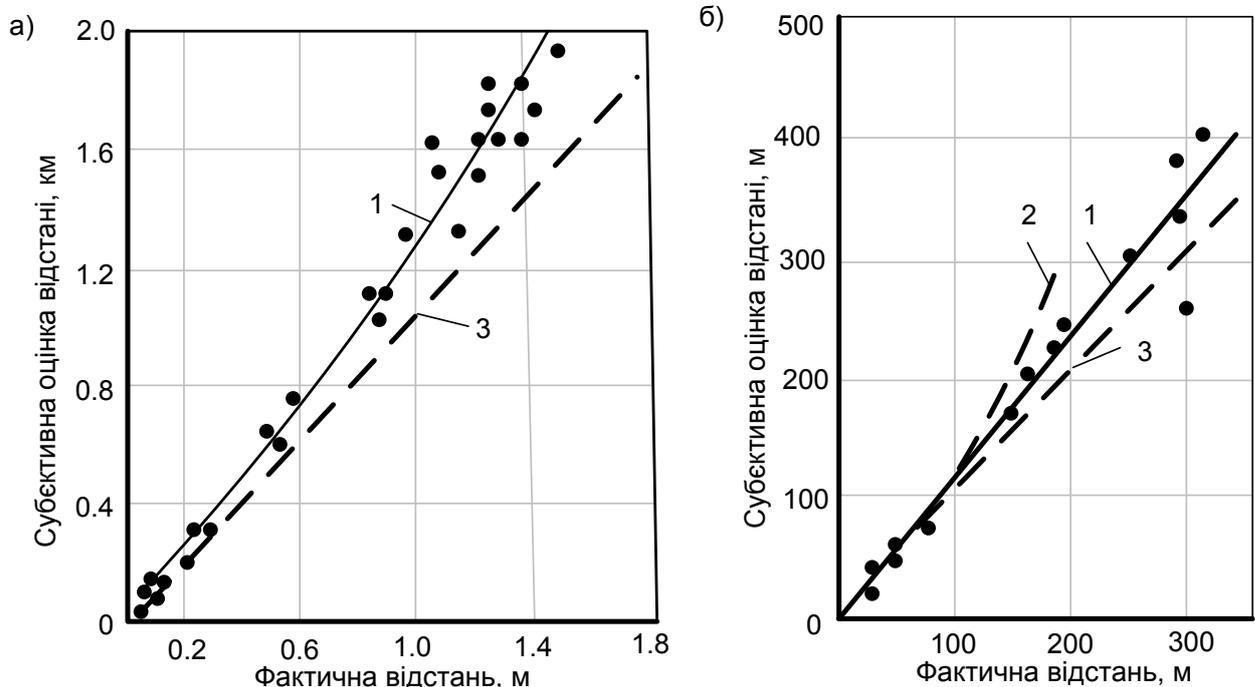


Рис. 1.3. Суб'єктивна оцінка водіями відстаней до зустрічного автомобіля [42]:

а) загальна шкала оцінки; б) оцінка середніх та коротких відстаней;

1 – середні значення; 2 – результати дослідів в лабораторних умовах; 3 – лінія, яка відповідає точній оцінці відстаней

Такі дослідження показали, що точність сприйняття водієм відстаней до об'єктів залежить від їх величини. Міра похибки цього сприйняття постійно збільшується, якщо спостережуваний об'єкт віддаляється.

Обсяг інформації, яка поступає до водія за допомогою усіх каналів відчуття і сприйняття також відіграє важливу роль в процесі керування транспортним засобом. Відомо, що інформаційні можливості людини є обмеженими. Існує певна інтенсивність та обсяг поступлення інформації, яка може бути опрацьована людиною [43]. Дослідження, які вказують на зв'язок між швидкістю переробки інформації та надійністю роботи водія наведені на рис. 1.4.

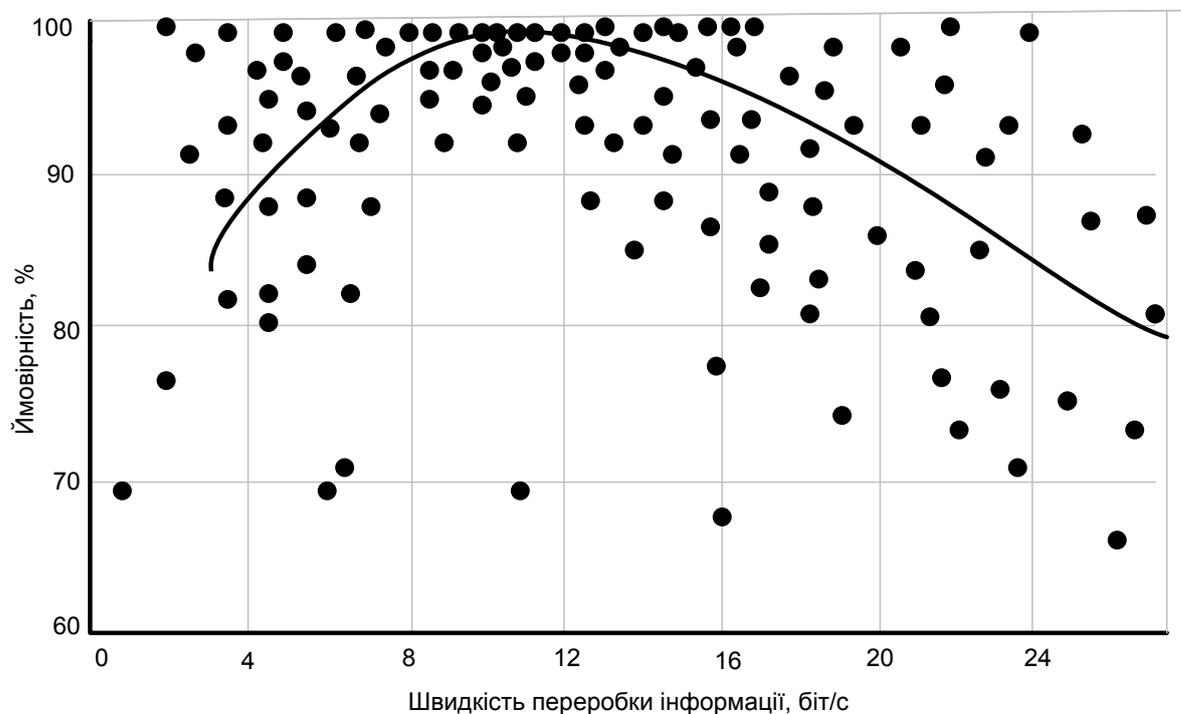


Рис. 1.4. Зміна надійності роботи водія залежно від швидкості переробки інформації [44]

На основі цих досліджень можна стверджувати, що існує оптимальна кількість інформації, яка відповідає певній швидкості її обробки, за якої надійність роботи водія має високі значення. Прискорене подання інформації для обов'язкової обробки призводить до погіршення якості роботи оператора.

Н.У. Гюлев [45] зазначає, що оцінка психофізіологічних показників водія особливо важлива, оскільки викликане їх зміною тимчасове зниження

працездатності та погіршення стану здійснює вплив на безпеку дорожнього руху.

Функціональний стан водія (ФС) – це комплекс характеристик тих функцій і якостей людини, які безпосередньо або опосередковано зумовлюють її трудову діяльність [32, 45]. Визначати функціональні стани водія можна не за окремими показниками певних фізіологічних і психологічних функцій, а враховуючи характер їхнього взаємовпливу і взаємодії у процесі діяльності. Крім цього, важливі тільки ті зміни, які стосуються трудової діяльності. В зв'язку з цим використовують такі поняття, як зрушення стану і зміни стану.

Зрушення стану характеризується будь-якими відхиленнями інтегральних або часткових характеристик від початкового їх значення. Якщо ці зрушення призводять до зміни якості діяльності водія, то вживають термін зміни стану [32].

М.М. Жук, Т.М. Постранський вважають, що враховуючи тенденції у зростанні інтенсивностей руху транспортних засобів на ВДМ, для підвищення безпеки руху необхідно проводити не лише передрейсовий огляд водіїв маршрутних транспортних засобів, а й враховувати їх ФС [46].

Втома є функціональним станом, який виникає в людини внаслідок інтенсивного або тривалого робочого навантаження та виявляється в тимчасовому порушенні низки психічних і фізіологічних функцій, а також зниженні ефективності та якості праці. Вона виникає внаслідок виснаження внутрішніх ресурсів індивіда й розузгодження функціональної роботи систем, що забезпечують діяльність людини. При тривалій дії надмірних навантажень і за відсутності умов для повноцінного відновлення функціональних порушень стан втоми може перейти в перевтому. Головна причина втоми – інтенсивне, тривале робоче навантаження, порушення раціонального режиму праці, відпочинку, харчування, залишкові функціональні порушення після хвороби тощо [42].

Безпека дорожнього руху безпосередньо залежить від підготовки водіїв. Г.І. Клінковштейн [48] стверджує, що переважна більшість ДТП виникає у результаті порушень правил дорожнього руху його учасниками, які не зуміли, або не захотіли адекватно відреагувати на дорожню обстановку.

Такі професійні якості, як вік водія і стаж його роботи також впливають на якість роботи та здатність переносити навантаження протягом тривалого часу, чи адаптовуватись до екстремальних умов роботи. В праці [49] проводились дослідження зміни ФС водіїв різного віку із певним стажем роботи. При цьому спостерігається збільшення рівня функціональної напруги водіїв, залежно від їхнього віку, проте, динаміка цієї зміни не є однаковою для осіб з різним стажем роботи (рис. 1.5).

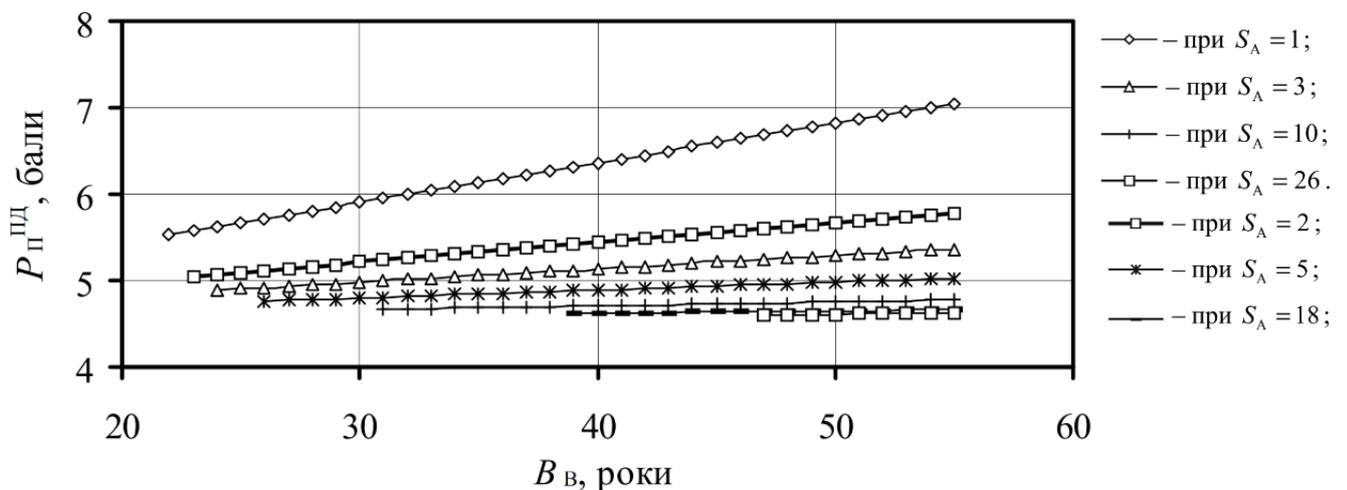


Рис. 1.5. Зміна показника активності регуляторних систем залежно від віку водіїв протягом робочого дня [49]

Більшість вчених, які займаються психофізіологією схильються до того, що головним чинником від якого залежить поведінка людини є її темперамент — характеристика індивіда з боку динамічних особливостей його психіки [50]. В роботі [51] проводились дослідження зміни тривалості реакції водіїв різних вікових груп залежно від їх ФС (рис. 1.6).

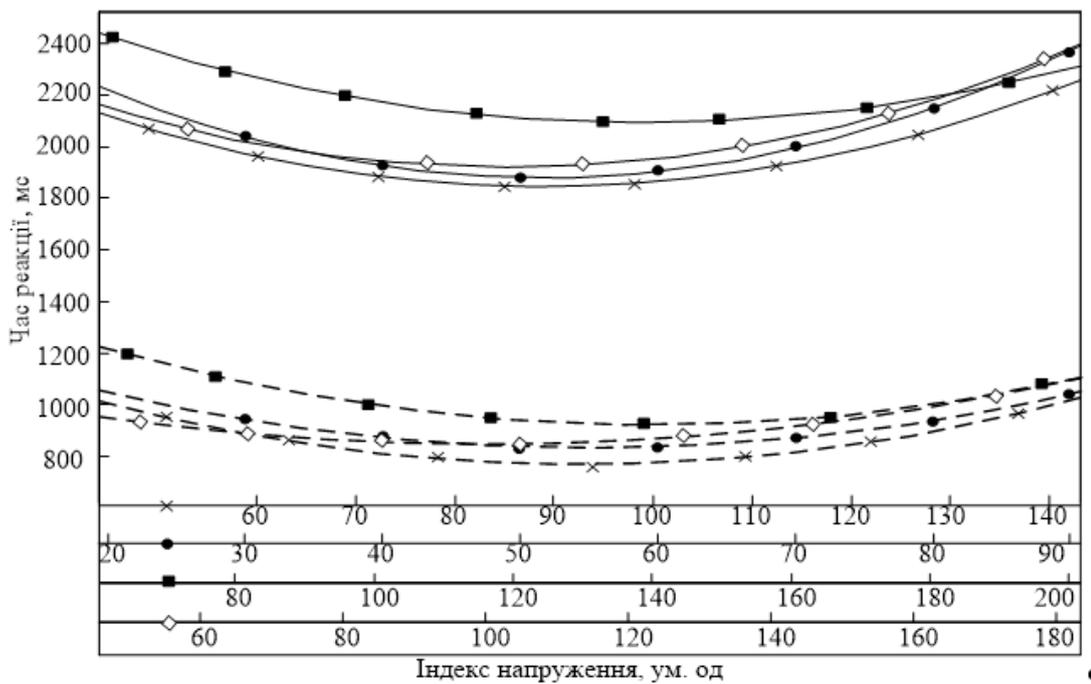


Рис. 1.6. Залежність тривалості реакції від індексу напруження водіїв різної статі та темпераменту в реальних умовах [51]:

- x— —x— — особи чоловічої статі у складній та простій ситуації відповідно;
- —•— — особи жіночої статі у складній та простій ситуації відповідно

Результати свідчать про те, що залежно від ФС водія і його темпераменту, тривалість реакції може змінюватись в межах 10-15%, при чому, особи чоловічої статі реагують на небезпечні ситуації вдвічі швидше.

Окрім вивчення темпераменту, більш детальні відомості про особливості поведінки того чи іншого водія може дати соціоніка. Розподіл за соціонічними ознаками відбувається на 16 груп, які об'єднані 4 критеріями: інтуїцією, логікою, етикою та сенсорикою. Саме сильні сторони психіки визначають психологічний тип особистості [52].

Ці психологічні властивості особистості наразі є найменш вивченими з точки зору взаємодії у системі ВАДС, тому їх варто брати до уваги при дослідженнях взаємодії елементів цієї системи.

1.3 Чинники зовнішнього середовища, які впливають на водія

1.3.1 Основні взаємозв'язки в системі «водій – автомобіль – дорога - середовище»

Процес керування об'єднує водія, транспортний засіб, дорогу та середовище в одне ціле – систему ВАДС, в якій всі ланки пов'язані між собою і є взаємозалежними [40]. Усі компоненти цієї системи при їхньому спільному функціонуванні мають різні властивості, які відсутні в інших складниках системи [44].

У дослідженнях вчених О. П. Васильєва, В. М. Сіденко, О. А. Білятинського [53] система ВАДС має 12 прямих і зворотних зв'язків. У цій системі розглядається рух окремого автомобіля, що характеризується швидкістю в конкретних дорожніх і погодних умовах. Результати досліджень такого руху можна перенести на транспортний потік (ТП), але з багатьма допусками (склад ТП, особистісні характеристики водіїв тощо). Система такого типу використовується при визначенні геометричних параметрів і транспортно-експлуатаційних властивостей дороги, оцінці умов руху, але не при вирішенні питань організації дорожнього руху.

Дослідження за цією системою проводив С. С. Кізіма [54], що дозволяло надати оцінку експлуатаційним характеристикам дороги, автомобіля з водієм, інформаційного забезпечення, екологічного стану тощо. Але ця система не стосувалася взаємодії ТП та дорожніх умов. Ще в 70-х роках вчені США [43] вивчали взаємодію водія із дорогою та автомобілем як контур, де водій – єдиний складник системи, який здатен аналізувати ситуацію під час руху. Він керує безпечним рухом свого транспортного засобу за допомогою тієї інформації, яку отримує через власні відчуття (візуальні, звукові, тактильні) від підсистеми «дорога», під впливом «погодних умов» і «дорожнього руху», а також від транспортного засобу (система ВАД).

Пізніше, на початку 80-х років, Є. М. Лобанов [42] запропонував свою систему ВАДС, у якій найменш надійним елементом є підсистема «водій». Це

пояснюється тим, що на водія постійно здійснюють негативний вплив дорога, транспортні засоби та середовище.

1.3.2 Вплив характеристик транспортних засобів на водія

Для того, щоб кількісно оцінити вплив міських дорожніх умов на ФС водія в [45] проведені спеціальні дослідження. Вони проводились методом реєстрації електрокардіограми водія при русі містом за певним маршрутом. Кількісну оцінку ФС водія ілюстрували за допомогою розрахунку показника активності регуляторних систем організму (ПАРС), результати досліджень представлені у вигляді графіка (рис. 1.7).

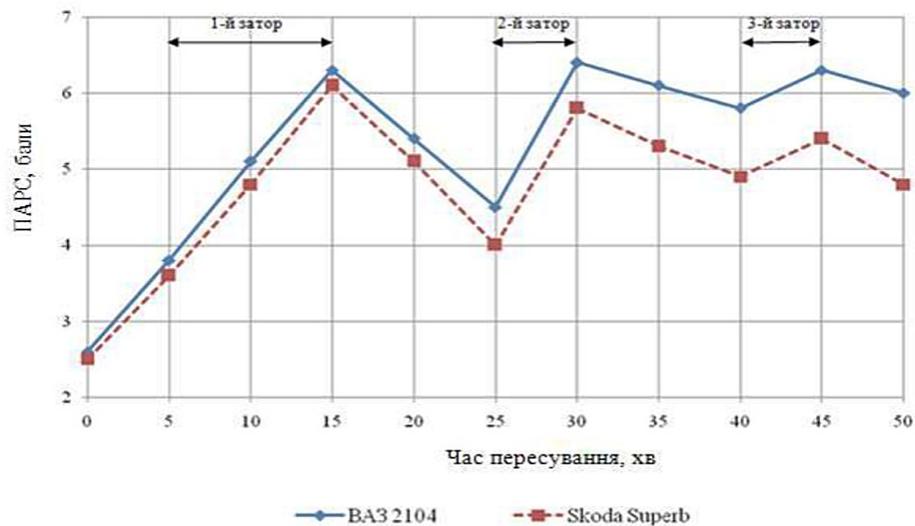


Рис. 1.7. Зміна ФС одного і того ж водія при пересуванні на автомобілях різних марок [45]

Варто відмітити, що найбільш динамічну різницю у зміні ФС водія, який керує відмінними за своїми характеристиками автомобілями, створює транспортний затор.

В дослідженнях [55] розглядалась зміна ФС водіїв при керуванні вантажними транспортними засобами із різними технічними характеристиками. Встановлено, що вантажність та тип автомобілів суттєво впливає на рівень ФС водіїв, які ними

керують, при чому, важливим чинником, який є включеним в цю залежність є відношення віку водіїв до стажу їхньої роботи (рис. 1.8).

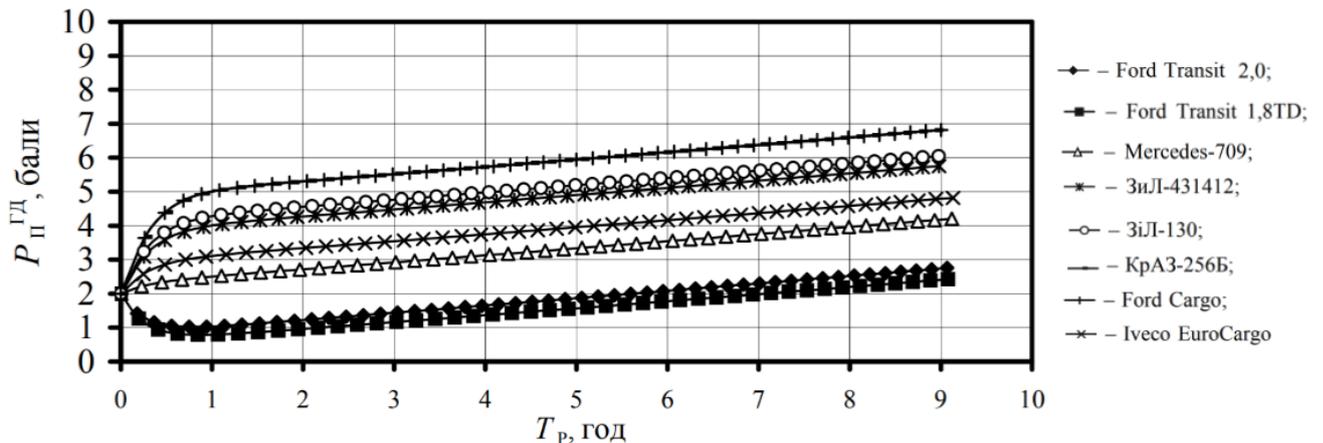


Рис. 1.8. Зміна ФС водія залежно від часу роботи при русі транспортними засобами різного типу [55]

Варто зазначити, що найбільш важливими характеристиками вантажних автомобілів з точки зору їх впливу на водіїв є питома потужність, тривалість експлуатації та вантажність.

1.3.3 Вплив дорожніх чинників на водія

Найважливішим джерелом інформації для водія є автомобільна дорога. Вона характеризується елементами дороги, які змушують водіїв змінювати швидкісні характеристики автомобіля (найчастіше це відбувається в місцях з обмеженою видимістю у порівнянні з нормальною видимістю на прямолінійних ділянках дороги), станом дорожнього покриття, шириною проїзної частини та її облаштуванням. Всі ці чинники здійснюють вплив на психофізіологічні особливості водія. Тому дослідження режимів руху та психофізіології водія [51] спрямовані, насамперед, на вдосконалення норм, методів проектування доріг та організації руху, що дозволяють отримати оптимальні швидкісні режими руху автомобіля.

У роботі [56] зазначено, що при русі у швидкісному режимі, особливо у гірських умовах, коли горизонтальні ділянки з великою відстанню видимості різко

змінюються на ділянки з малою відстанню видимості, поведінка водія розглядається як один із основоположних чинників безпеки, які відносно незалежні від обережності або необережності водіння та від впевненої або невпевненої поведінки. В обох випадках емоційний стан водія зростає. Одним із показників такої зміни є аналіз частоти серцевих скорочень водія (ЧСС) у швидкісному потоці транспортних засобів, в умовах гірського рельєфу, при великій (800 – 1000 м) та невеликій (80-150 м) відстані видимості (рис. 1.9) [56].

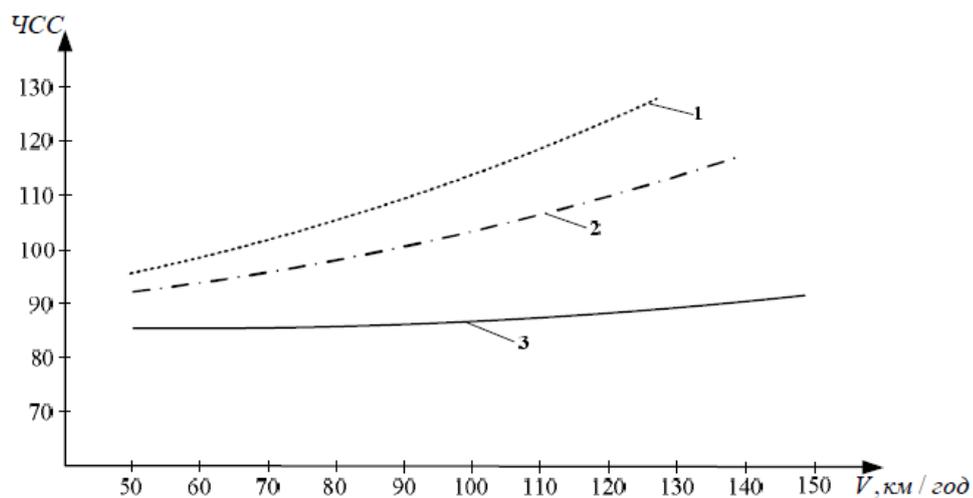


Рис. 1.9. Залежність ЧСС водія від швидкості руху у вільних умовах (стаж керування автомобілем у водія – 10 років):

- 1 – при русі на кривих у плані зі змінним радіусом (або спряженнях кривих);
- 2 – при русі на кривих у плані з малим постійним радіусом;
- 3 – при русі рівною ділянкою [56]

Різниця у діапазонах ЧСС зумовлена тим, що при русі рівною ділянкою за наявності значної відстані видимості придорожня ситуація добре проглядається водієм, сприяє розвитку явища прогнозованості і водій має більше часу на її оцінку, ніж в умовах наявності зон з обмеженою відстанню видимості, де таке прогнозування ускладнене. При цьому, в'їжджаючи у криву з певним сталим радіусом заокруглення, водій вибирає комфортну швидкість руху, утримуючи кермове колесо під сталим кутом. Його емоційне збудження збільшене у порівнянні з рівнинною ділянкою, але менше ніж при виникненні ситуації, коли крива одного

радіусу переходить у наступну з меншою його величиною. Дорожня ситуація ускладнюється ще й тим, що попереджувальні дорожні знаки, які інформують водія про наявність кількох поворотів за напрямком пролягання маршруту, не несуть інформації про те, з яким радіусом заокруглення траєкторії ці повороти [56].

На основі проведених досліджень [56-57] можна стверджувати, що при русі гірською місцевістю значний вплив на водія зумовлюють особливості автомобільної дороги та зовнішнє середовище. Якщо основним показником автомобільної дороги, що впливає на ФС водія можна вважати криві в плані [56], то визначальним чинником впливу навколишнього середовища є висотна поясність в якій проходить дорога [57]. Сукупність таких негативних чинників сприяють швидкому втомі водіїв, повільній адаптації до дорожніх умов та прийняттю неправильних рішень.

Транспортний потік є ще одним чинником, який впливає на показники ФС водія. В системі ВАДС, а саме в її підсистемі «дорога» однією із складових є ТП. Вплив показників транспортних потоків на ФС водія досліджували різні науковці. Так, наприклад, збільшення інтенсивності руху миттєво відображається на нервово-психічному стані водія та на його емоційній напрузі. Це, у свою чергу, впливає на його поведінку під час керування транспортним засобом [58].

На рис. 1.10 наведені результати досліджень тривалості екстремальної напруги водіїв, які рухались дорогами з різною складністю дорожніх умов і рівнем аварійності. Інтенсивність руху на цих ділянках в період роботи лабораторії знаходилась в межах 220-300 авт./год. Головна відмінність в умовах руху на цих дорогах – кількість кривих в плані на 1 км та кількість ділянок з обмеженою видимістю [42].

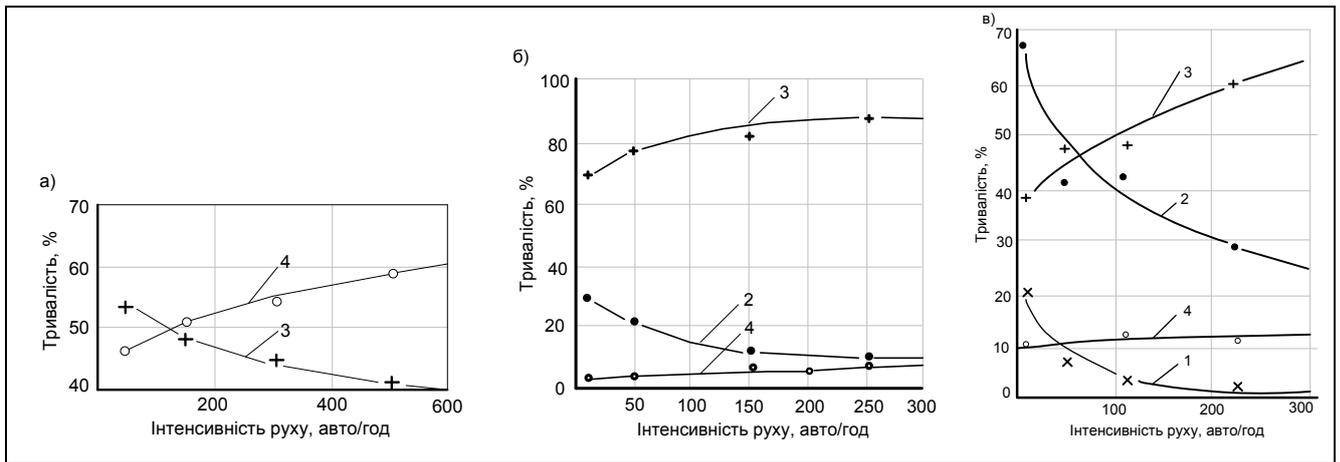


Рис. 1.10. Тривалість перебування водія в екстремальних ситуаціях емоційної напруги [42]: а) дорога із складними умовами руху; б) дорога з нормальними умовами руху; в) дорога з монотонними умовами руху; 1 – сенсорний голод; 2 – недовантаження інформацією; 3 – оптимальні умови; 4 – перевантаження

Т.М. Поstrанський для визначення впливу рівня завантаження автомобільної дороги на організм водія під час його роботи сформував порівняльний графік зміни його ПАРС під час керування маршрутним транспортним засобом однієї марки у межах населеного пункту (рис. 1.11) [59].

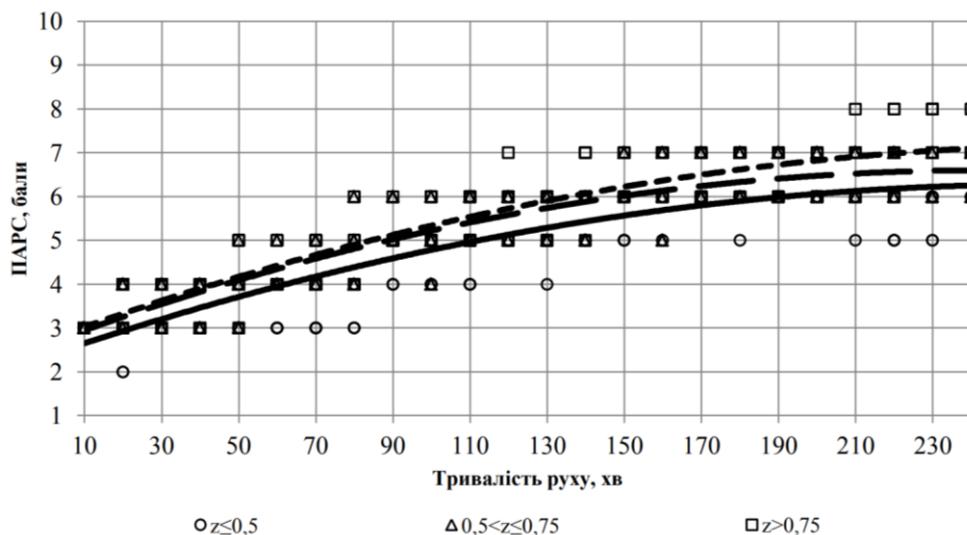


Рис. 1.11. Порівняння зміни ПАРС водіїв, які керували маршрутним транспортним засобом з питомою потужністю 15-17 кВт/т у межах населеного пункту за різних рівнів завантаження автомобільної дороги [59]

Як свідчать результати дослідження, допустимі тривалості роботи водія залежать від питомої потужності транспортного засобу, яким він керує і місцевості, в якій пролягає автомобільна дорога, якою він рухатиметься [59].

Є.М. Лобанов у своїх дослідженнях [42] виділяв рівень завантаження дороги (вулиці), як чинник, який істотно впливає на психоемоційний сташ водія. У своїй роботі індикатором служила шкірно-гальванічна реакція (ШГР), як показник, який досить точно передає стан психофізіологічного напруження водіїв (рис 1.12).

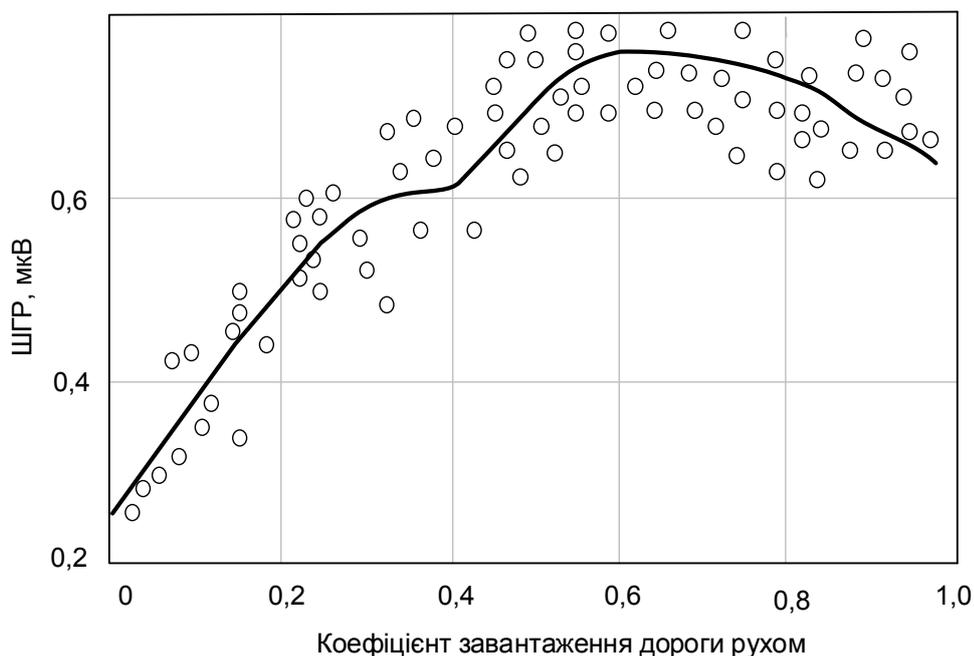


Рис. 1.12. Залежність зміни ШГР водія від коефіцієнта завантаження дороги рухом [42]

Результати показали, що при коефіцієнті завантаження більшому ніж 0,5 рівень напруги різко зростає і перебуває у високих межах. Таким чином можна стверджувати, що рівень завантаження, як показник ТП, здійснює значний вплив на стан водія.

1.3.4 Вплив особливостей технологічного процесу перевезень на водія

Ю.О. Давідіч [60] досліджував зміну ФС водіїв при керуванні вантажними автомобілями в міських умовах із врахуванням чинників, які характеризують

технологічний процес перевезень. На основі цих досліджень розроблено рекомендації щодо складання графіків роботи водіїв. Використовуючи отримані результати, графічно відображено графік руху транспортних засобів на маршрутах різної довжини за різної кількості їздок. При цьому враховувались вік водія, стаж його роботи та тип транспортних засобів, якими вони керують (рис. 1.13).

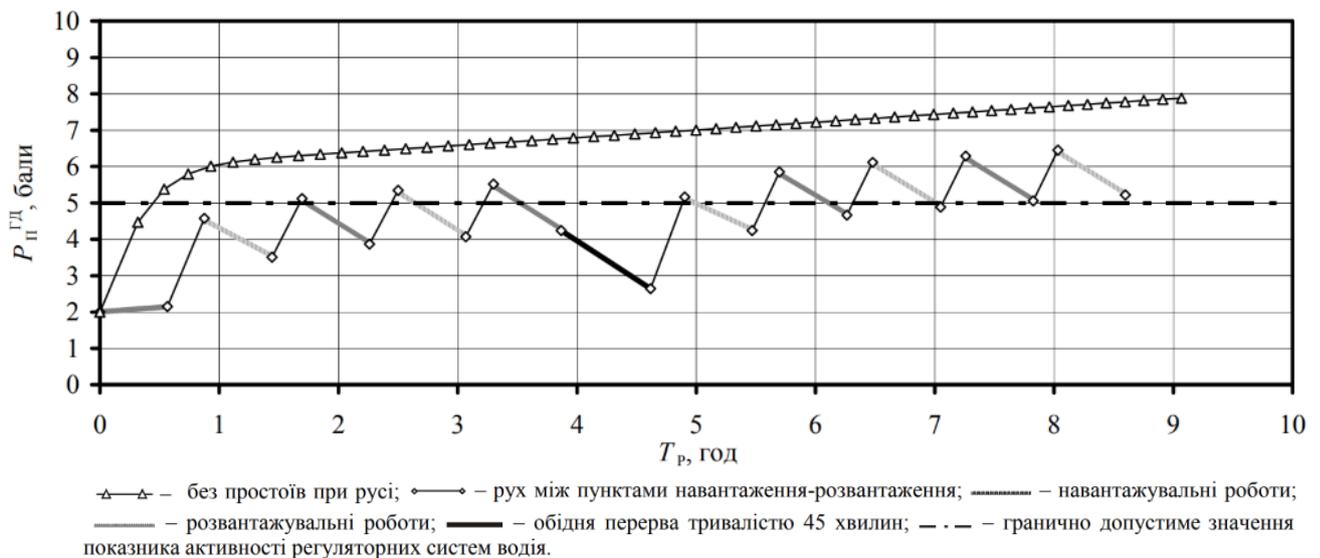


Рис. 1.13. Графік зміни ПАРС водія при виконанні 5 їздок на маршруті довжиною 4 км протягом робочого дня на автомобілі марки КрАЗ-256Б [60]

Як видно з графіку, при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт, а також під час обідньої перерви ФС водія покращується, що підтверджується зміною ПАРС в ці періоди часу. Варто також зазначити, що динаміка цієї зміни залежить від типу транспортного засобу та низки інших чинників, тому такі графіки повинні складатись індивідуально із врахуванням основних чинників, які впливають на технологічний процес вантажних перевезень.

1.4 Висновки до розділу

1. На основі проведеного огляду літературних джерел можна стверджувати, що питання впливу чинника людини (водія) на безпеку руху під час такого специфічного транспортування потребує подальшого вивчення.

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

3. Для досягнення мети досліджень необхідно:

- провести аналіз методів дослідження зміни 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 методику визначення рівнів ризику при перевезенні небезпечних вантажів з врахуванням фактора людини на основі результатів досліджень та отриманих закономірностей;
- розробити алгоритм побудови маршрутів перевезення небезпечних вантажів з урахуванням фактора людини.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОЛІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

2.1 Методи проектування елементів технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів

2.1.1. Методи проектування маршрутів руху

Складання маршрутів доставки вантажів є важливим елементом оперативного планування технологічного процесу перевезень, оскільки від кількості та складності технологічних операції, які безпосередньо пов'язані з експлуатацією рухомого складу залежать інші складові процесу. Також варто зазначити чутливість техніко-економічних показників роботи маршруту до його конфігурації.

Вибір маршрутів руху повинен здійснюватися з урахуванням багатьох чинників: масовості перевезень, розмірів перевезених партій вантажів, розташування відправників і одержувачів вантажів, типу й вантажопідйомності рухомого складу, термінів доставки вантажів, умов здійснення навантажувально-розвантажувальних робіт [61]. Також важливим елементом маршрутизації, на думку дослідників, є визначення траси маршруту на транспортній мережі. Завдання маршрутизації є багатофакторним і різноманітним [62]. Вихідними даними в задачах маршрутизації є: обсяги перевезень між пунктами, типи транспортних засобів і їхня кількість, схема географічного розміщення пунктів, характеристика транспортної мережі й умови руху по ній [61-62].

Розрізняють такі типи маршрутів руху рухомого складу: маятникові, радіальні, кільцеві, розвізні, збірні, розвізно-збірні, комбіновані й дільничні [63]. Методи маршрутизації деякі дослідники поділяють на два класи: маршрутизація помашинних відправлень вантажів та маршрутизація дрібних партій вантажів [64]. Інші автори виділяють проміжний вид змішаних перевезень, коли завдання не формулюється як чисто розвізне, але й не зводиться до завдання планування помашинних відправлень [65]. Найбільш розповсюдженими серед задач добового планування є задачі організації помашинних відправлень вантажу. Вони

характеризуються безліччю варіантів планів перевезення. Загальна класифікація маршрутів вантажних перевезень наведена на рис. 2.1.

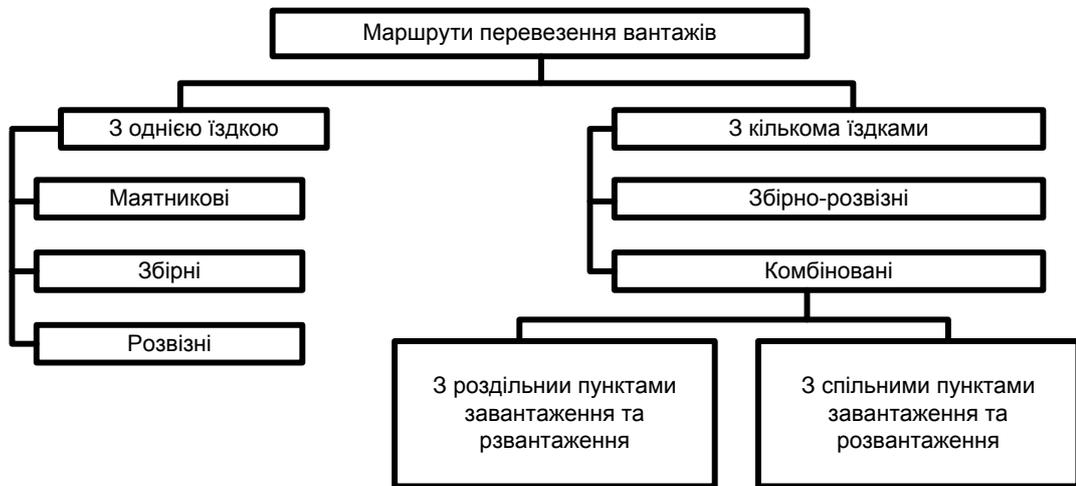


Рис. 2.1. Класифікація маршрутів вантажних перевезень [66]

Планування маршрутів є оптимізаційною задачею, оскільки завжди існують критерії мінімуму або максимуму, які треба досягти та загальний об'єм роботи, котрий повинен виконуватись.

Для таких задач, найчастіше застосовуються методи лінійного програмування. Вони характеризуються трьома умовами: наявність системи взаємопов'язаних чинників; чітке визначення критеріїв оптимальності; точне формулювання умов, які обмежують використання певних ресурсів [67].

Планування маршрутів також здійснюється з використанням методів динамічного програмування та комбінаторного аналізу [67]. З точки зору самого формулювання задач, вони можуть відрізнятись між собою, залежно від поставленої мети. Серед них розрізняють задачі про найкоротший шлях, закріплення споживачів за постачальниками, складання розвізних маршрутів, оптимізацію нульових пробігів тощо.

Вперше рішення задачі раціональної маршрутизації були опубліковані в роботі [68], де запропоновано рішення на основі плану-заявки та отриманого в результаті оптимального рішення транспортної задачі методом умовно-

оптимальних планів плану порожніх їздок комбінаторної задачі побудови кільцевих маршрутів.

У роботі Б. Л. Геронімуса [67] запропоновано рішення задачі маршрутизації перевезень вантажів методом таблиць зв'язків (ТС). Однак цей метод має низку недоліків, які обмежують сферу його практичного застосування. Одним з таких недоліків є певний перелік маршрутів, що містить велику кількість ланок і має велику довжину, які важко або деколи неможливо реалізувати на практиці. Все це призводить до корегування отриманого плану, а в кінцевому підсумку може виявитися, що відкоригований план гірше того, який можна побудувати інтуїтивно, без попередньої оптимізації. Такий приклад наведено в роботі [65].

В. А. Бобарікінін [69] запропонований метод суміщених планів, суть якого полягала в поєднанні плану-заявки та перевезення вантажів і оптимального плану повернення порожніх автомобілів. Отримання суміщеної матриці дозволяло здійснювати послідовний вибір маятникових і кільцевих маршрутів, починаючи з маршрутів з мінімальною кількістю ланок. Рішення цим методом дозволяло розривати і замикати протяжні кільцеві маршрути, які були практично недоцільними.

У роботі С. А. Панова [64] наводиться метод вирішення задачі маршрутизації з заданими параметрами, що враховують обмеження тривалості в наряді, тривалості простоїв автомобілів під навантаженням і розвантаженням, середню технічну швидкість, а також задану величину коефіцієнта використання пробігу з урахуванням нульових пробігів.

Враховуючи те, що конфігурація шляхів сполучення між постачальниками і відправниками є видозміненою для кожної окремої задачі в межах іншого населеного пункту, району чи області обслуговування, всі вони повинні трансформуватись в одну систему вхідних даних, яка дозволить застосовувати вже відомі методи оптимізації маршрутів перевезень. У зв'язку з цим, планування маршрутів доставки вантажів є тісно пов'язаними з елементами теорії графів [70].

Оскільки графи складаються із вершин та ребер, таке представлення досить точно підпадає під транспортні мережі, де вершинами виступають пункти відправлення чи доставки вантажу, а ребрами між ними – відстань, вартість доставки або час руху.

Методи теорії графів передбачають, що для підвищення продуктивності перевезень необхідно виконати ряд математичних дій. Задачі на побудову оптимальних маршрутів вирішують проблему знаходження найбільш ефективних маршрутів. Основні методами розв'язку задач оптимізації в теорії графів (задач про найкоротший шлях) є [71]:

- Алгоритм Дейкстри – полягає у вирішенні задачі з однією парою, одним входом і одним виходом.
- Алгоритм Беллмана-Форда -полягає у вирішенні задачі з одним входом, якщо ваги ребер можуть бути від'ємні
- Алгоритм Флойда-Воршелла – полягає у вирішенні задачі для всіх пар.
- Алгоритм Йена – знаходження певної кількості шляхів сполучень з мінімальною довжиною.

Залежно від постановки самої задачі та її розмірності, вже існуючі алгоритми можуть бути видозміненими під різного роду потребу. Також широко застосовуються методи розв'язків задач на побудову маршрутів за допомогою комп'ютерних програм. Найчастіше такий підхід застосовується при розв'язуванні задач великої розмірності.

Серед евристичних методів побудови оптимальних розвізних маршрутів в теорії графів окремо виділяють класичну «задачу комівояжера». Це одна з найбільш відомих задач комбінаторної оптимізації, що полягає у знаходженні найвигіднішого маршруту, що проходить через вказані міста хоча б по одному разу з поверненням у вихідне місто. Ця задача – є завданням математичного програмування за визначенням оптимального маршруту руху комівояжера, мета якого полягає в тому, щоб відвідати всі об'єкти, записані в завданні, за найкоротший термін і з найменшими витратами. В теорії графів – це пошук шляху, який зв'язує два або більше вузлів, з використанням критерію оптимальності [72].

Основними методами вирішення задачі комівояжера є [70-73]:

- Жадібний алгоритм – метод знаходження найкоротшої відстані між заданими точками, ще не обраного ребра, за умови, що воно не утворює циклу з вже обраними ребрами. Цей алгоритм застосовується лише в простих задачах з оптимальною підструктурою, оскільки в складніших задачах, він часто приводить до хибних результатів. Суть алгоритму полягає у обранні найкоротшого шляху до місця в якому комівояжер ще не був. Проте проблема полягає в наступному, що з крайнього місця повернення назад може бути найдовшим, тому на останньому кроці доведеться «платити за жадібність».

- Метод повного перебору полягає в тому, що виконується перебір всіх можливих комбінацій точок (пунктів призначення). Так, як в завданні комівояжера вихідний пункт зазвичай вважається однією точкою, перебрати залишається всі можливі варіанти, тобто кількість варіантів маршрутів дорівнюватиме $(n-1)!$. Цей алгоритм є надзвичайно точним, проте вимагає великих затрат часу на вирішення поставленої задачі.

- Дерев'яний алгоритм полягає в тому, що для побудови основного дерева використовується алгоритм Пріма. Цей метод зазначає, що безліч ребер завжди утворюють єдине дерево. Дерево починається з початкової вершини (кореневої вершини) R і зростає до тих пір, поки не охопить всі вершини. На кожному кроці до дерева додається легке ребро, що з'єднує дерево та окрему вершину з рештою ребрами графа. Цей алгоритм додає тільки найкоротші (безпечні) ребра; отже, по завершенні алгоритму ребра утворюють мінімальні значення. Ця стратегія є жадібною, оскільки на кожному кроці до дерева додається ребро, яке вносить мінімально можливий внесок в загальну вагу.

- Метод гілок і меж, в основі якого лежить тривіальна ідея: всі розглянуті варіанти необхідно розділити на класи, тобто визначити пріоритетність, та вказати (знизу – задачі мінімізації, зверху – задачі максимізації) для цих класів, для того щоб відкидати варіанти маршрутів не по одному, а цілими класами. Складність полягає в тому, щоб правильно визначити пріоритетність і розділити на класи (гілки) і оцінки (межі), щоб процедура була ефективною.

Універсальність використання задачі комівояжера пояснюється тим, що більшість завдань по плануванню маршрутів руху транспорту можна звести до її канонічного вигляду. Більшість методів розв'язку задач цього типу зводяться до лінійного чи динамічного програмування. Це передбачає оцифровку задач у матричну форму та проведення алгебраїчних операцій над її елементами.

2.1.2. Методи складання графіків роботи рухомого складу

Основою планування перевезень є розклади та графіки руху, складені на основі систематизації вхідних даних щодо обсягу замовлень та наявного рухомого складу.

Розклади та графіки руху повинні забезпечити [61,63,74]:

- задоволення потреб найбільшої кількості замовників перевезень;
- оптимальне використання місткості транспортних засобів за встановленими нормами;
- мінімізацію витрат часу на перевезення;
- регулярність перевезень;
- ефективність використання транспортних засобів;
- взаємозв'язок з графіками й розкладами інших видів транспортних засобів;
- мінімізацію пробігів транспортних засобів без вантажу.

Від узгодження робіт, які здійснюються в пунктах обробки вантажів, у значній мірі залежить ефективність транспортного процесу [10,61].

Існують такі види розкладів [61,63,74]:

- зведений розклад у табличній формі - для всіх маршрутів за певний період часу;
- станційний розклад за контрольним пунктом - для кінцевих і проміжних пунктів маршрутів;
- робочі маршрутні розклади - для перевезення вантажів за разовими заявками або особливими вантажами.

Побудова графіків руху повинна ґрунтуватися на даних про техніко-експлуатаційні показники маршруту перевезень до яких відносяться: тривалість

знаходження транспортних засобів на лінії, тривалість обіду й відпочинку водіїв, тривалість простою під навантаженням і розвантаженням, нормована швидкість руху на перегонах маршруту й кількість транспортних засобів на маршруті. Всі основні етапи побудови графіків руху наведені в роботі [75].

Залежно від поставленої задачі та терміну планування перевезень, графіки руху можуть складатися у вигляді ліній на двовимірній осі координат, де вісь абсцис відповідає часу, а вісь ординат відкладеній відстані. Такий метод застосовується для різних видів маршрутів протягом робочого дня [61]. Ще одним графічним відображенням транспортно-технологічного процесу перевезень може слугувати діаграма Ганта. Цей метод підтримується низкою програмних засобів для оперативного управління та планування. Він дозволяє планувати процеси на тривалий термін із заданням ресурсів, задач та підзадач (технологічних операцій).

2.2 Методи визначення складності дорожніх умов

2.2.1 Типологія дорожніх умов за їх складністю

Серед чинників, які впливають на технологічний процес перевезень вантажів виділяють окрему групу, яка характеризує маршрут руху. Під ними розуміється не лише його конфігурація в плані розташування постачальників чи замовників, але і умови, в яких перебуває транспортний засіб і водій в процесі руху. Елементи критеріїв, які визначають складність дорожніх умов поділяються на ті, які характеризують вплив геометричних параметрів доріг чи особливостей забудови (якщо мова йде про місто), умови природнього середовища (гідрометеорологічні умови, ландшафт місцевості) та стан ТП.

Серед методів типування дорожніх умов варто виділити ті, які, в першу чергу, оцінюють геометричні характеристики автомобільних доріг, оскільки частість і складність ДТП від них тісно залежить. Серед таких методів виділяють візуальний аналіз дороги [76], який оцінює місця з обмеженою видимістю, визначення ступеня криволінійності траси [77] та оцінка плану і профілю дороги. Згідно з

ДСТУ 3587-97 ділянки доріг за складністю умов руху поділяються на три типи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Поділ умов руху відповідно до характеристик автомобільних доріг [78]

Умови руху	Характеристика ділянки дороги	Коефіцієнт зчеплення
Легкі	Ділянка пряма або на кривій радіусом 1000м і більше; горизонтальна ділянка або ділянка з поздовжнім ухилом не більше 30 ‰; з елементами поперечного профілю з укріпленим узбіччям; без перехресть в	0,30
Утруднені	Ділянка на кривій в плані радіусом від 250 до 1000м; на спуску і підйомі з ухилом від 30 до 60 ‰; ділянка в зоні звуженої проїзної частини.	0,35
Небезпечні	Ділянка з видимістю меншою за розрахункову; підйом і спуск з ухилом, що перевищують допустимі, зона перехрещення або примикання в одному рівні з автомобільними дорогами і залізницями (± 200 м).	0,45

Таке типування дозволяє відносити дорожні умови до різних рівнів складності при проведенні геометричного аналізу плану траси та визначенні висотних відміток автомобільної дороги вздовж маршруту слідування.

В літературі, яка стосується проектування автомобільних доріг, В.Ф. Бабков [79] поділяє дорожні умови на чотири класи, залежно від геометричних параметрів траси (табл. 2.2) і, так само, враховує вимоги до коефіцієнта зчеплення.

Таблиця 2.2

Поділ умов руху на класи відповідно до характеристик автомобільних доріг (за В.Ф. Бабковим) [79]

Клас	Дорожні умови	Коефіцієнт зчеплення
А	Критичні місця – перехрестя з круговим рухом, горизонтальні криві з радіусом < 150 м, поздовжні ухили більші за 50 ‰ із довжиною більше 90 м, місця зі світлофорним регулюванням	$> 0,6$

Продовження таблиці 2.2

B	Звичайні дорожні умови – ті, які не відносяться до класів А та С	$> 0,5$
C	Легкі дорожні умови – прямі ділянки з малими підйомами та спусками та горизонтальними кривим великого радіусу за відсутності будь-яких обставин, які знижують безпеку руху	$> 0,4$
D	Другорядні дороги – ділянки з низькою інтенсивністю та швидкістю руху	$< 0,4$

Враховуючи типологію дорожніх умов та методи визначення їх складності, найважливішими показниками, які їх характеризують є радіуси горизонтальних кривих та величини поздовжніх ухилів. Обидва показника впливають на безпеку руху з точки зору складності та комфортності керування транспортним засобом, відстані видимості та швидкостей руху, при чому, останні є взаємозалежними між собою [51].

2.2.2 Методи визначення показників безпеки руху

Велику роль в забезпеченні безпеки руху грають техніко-експлуатаційні показники автомобільної дороги (геометричні розміри, ширина і стан узбіч, рівність покриття, видимість на кривих, освітленість, розмітка, якість інженерної оснащеності, засобів регулювання тощо). Тому вплив дорожніх умов на безпеку руху закладається в процесі проектування доріг, а реалізується в процесі їх експлуатації [80].

Для виявлення небезпечних ділянок, в межах яких перш за все необхідно передбачати заходи щодо забезпечення безпеки руху, можуть бути використані такі методи: метод коефіцієнтів безпеки, метод коефіцієнтів аварійності, метод по абсолютній кількості пригод [48, 81].

Метод визначення складності ділянки за коефіцієнтом безпеки заснований на відношенні максимальної швидкості руху на небезпечній ділянці до максимальної швидкості руху на підході до даної небезпечної ділянки. Такі відношення називають коефіцієнтами безпеки. Для побудови графіків коефіцієнту безпеки визначають максимальну швидкість в кінці кожної ділянки, котру можна досягти

без врахування умов руху на наступних ділянках. В проектах нових доріг не можна допускати ділянки із коефіцієнтами безпеки меншими 0,8 [81].

Цей метод враховує рух одиночного автомобіля, що характерно тільки для доріг з малою інтенсивністю (для рівня зручності руху А, при якому обгони автомобілів що рухаються повільно зустрічаються рідше, ніж при рівні зручності Б). Але він не враховує рух по дорогах із транспортними потоками середньої та високої інтенсивності (рівні зручності Б, В, Г), коли на дорозі існують інші види небезпеки: ризик зіткнення із зустрічним автомобілем при обгонах; ризик наїзду на автомобіль, що рухається попереду; ризик наїзду на нерухому перешкоду в умовах обмеженої видимості; ризик втрати поперечної стійкості автомобіля на кривих малого радіусу [80, 81].

Метод визначення небезпеки ділянок вулиць та доріг за допомогою коефіцієнтів аварійності заснований на відношенні кількості ДТП в фактичних дорожніх умовах до кількості ДТП в еталонних дорожніх умовах, які виникли після проходження ділянкою дороги одного мільйона автомобілів. Такі відношення називають частковими коефіцієнтами аварійності. Ступінь небезпеки ділянок доріг в цьому методі характеризується загальним коефіцієнтом аварійності. За значенням загального коефіцієнту аварійності будують лінійний графік. На нього наносять план і поздовжній профіль дороги, показують всі елементи від яких залежить безпека руху (поздовжні ухили, вертикальні криві, криві в плані, мости, населені пункти тощо). На графіку загальних коефіцієнтів аварійності фіксують для окремих ділянок середню інтенсивність руху по даних звітів дорожніх організацій, а для запроектованих доріг – перспективну інтенсивність руху [80, 82].

2.2.3 Методи оцінки стану транспортного потоку

В. Сильянов в своїй роботі, для характеристики різних станів потоку, ввів поняття коефіцієнта завантаження (Z). Він розраховується як відношення інтенсивності руху (N) до пропускної здатності (P) ділянки дороги [83]:

$$Z = \frac{N}{P} \quad (2.6)$$

Якщо застосовувати відносного вимірника завантаження дороги, це дозволяє отримати ступінь завантаження до рівня пропускної здатності в порівняльних характеристиках ТП доріг та вулиць різних категорій та класів. Вимірюється рівень завантаження Z від 0 до 1, та не характеризує умови руху після насичення за рівнем пропускної здатності P

На основі теоретичних коефіцієнтів, які характеризують стан потоку В. Сильянов запропонував і рекомендував 4 рівня зручності [83, 84]:

- Рівень зручності А. Описується вільним рухом в потоці, ступінь завантаження при цьому $Z \leq 0,2$;
- Рівень зручності Б. Знижуються середні швидкості руху потоку, з'являються обгони, а ТЗ в потоці діляться на групи. $Z = 0,2-0,45$;
- Рівень зручності В. Подальше пониження швидкостей руху. Потік ділиться на окремі великі групи. $Z = 0,45-0,7$;
- Рівень зручності Г. Рух в транспортному потоці близький до затору, ТЗ рухаються колоною з економічно невігідними швидкостями, $Z = 0,7-1,0$.

Рівень обслуговування (Level of Service, або LOS) запозичений з теорії масового обслуговування і використовується для оцінки умов руху транспортних засобів. Основні характеристики системи масового обслуговування (довжина черги в певний момент часу, тривалість періоду, протягом якого n -нна вимога очікує обслуговування, середня тривалість перебування заявки в системі тощо) іноді вимагають складних обчислень. Рівень обслуговування визначається як якісна характеристика, яка відображає такі сукупні чинники, як швидкість руху, тривалість поїздки, свободу маневрування, безпеку і зручність керування автомобілем [85]. Наведене формулювання має таке пояснення: мета транспортних заходів – обслужити певну кількість вимог з прийнятною якістю обслуговування. Ця якість представляється користувачам у вигляді свободи вибору швидкості і напрямку руху. Цитовані визначення майже в незмінному вигляді містяться у виданнях керівництва по оцінці пропускної здатності Highway Capacity Manual [86]. В табл. 2.3 наведено порівняння двох останніх розглянутих показників якості та комфорту руху, спираючись на рівень завантаження.

Порівняння рівнів зручності та рівнів обслуговування

Рівень обслуговування	Z	Характеристика умов руху	Рівень зручності	Z	Характеристика умов руху
A	<0,1	Вільний потік	A	<0,2	Вільний потік
B	>0,1	Стійкий потік	Б	0,2-0,45	Частково зв'язаний потік
C	>0,3	Стійкий потік	B	0,45-0,7	Зв'язаний потік
D	>0,7	Наближений до нестійкого	Г-А	0,7-0,1	Насичений потік
E	>1	Нестійкий	Г-Б	>1	Щільно насичений потік

Рівень обслуговування став в США основним критерієм оцінки якості заходів з організації дорожнього руху і був включений до нормативних документів. Спочатку цей критерій був запропонований для перегонів доріг і вулиць. Поділ на рівні обслуговування мав на меті характеризувати численні параметри, що характеризують функціонування автомобільного транспорту і доріг, в більш просту і доступну для розуміння шкалу оцінки.

При дослідженні параметрів руху маршрутних транспортних засобів, необхідно брати до уваги вище наведені критерії, оскільки вони будуть знаходити своє відображення в результатах замірів швидкісних режимів громадського транспорту по ВДМ.

2.3 Методи оцінки рівнів ризику при перевезенні небезпечних вантажів

Marcin Dziubiński у [87] запропоновано три різні методи для оцінки та подальшого аналізу ризику, які зображені на рис.2.2. Серед них виділяють якісні, кількісні та напівкількісні методи оцінки ризиків. Різниця між ними полягає у іншій кількості та характеру вхідних даних, методиці розрахунку та інтерпретації кінцевих результатів.

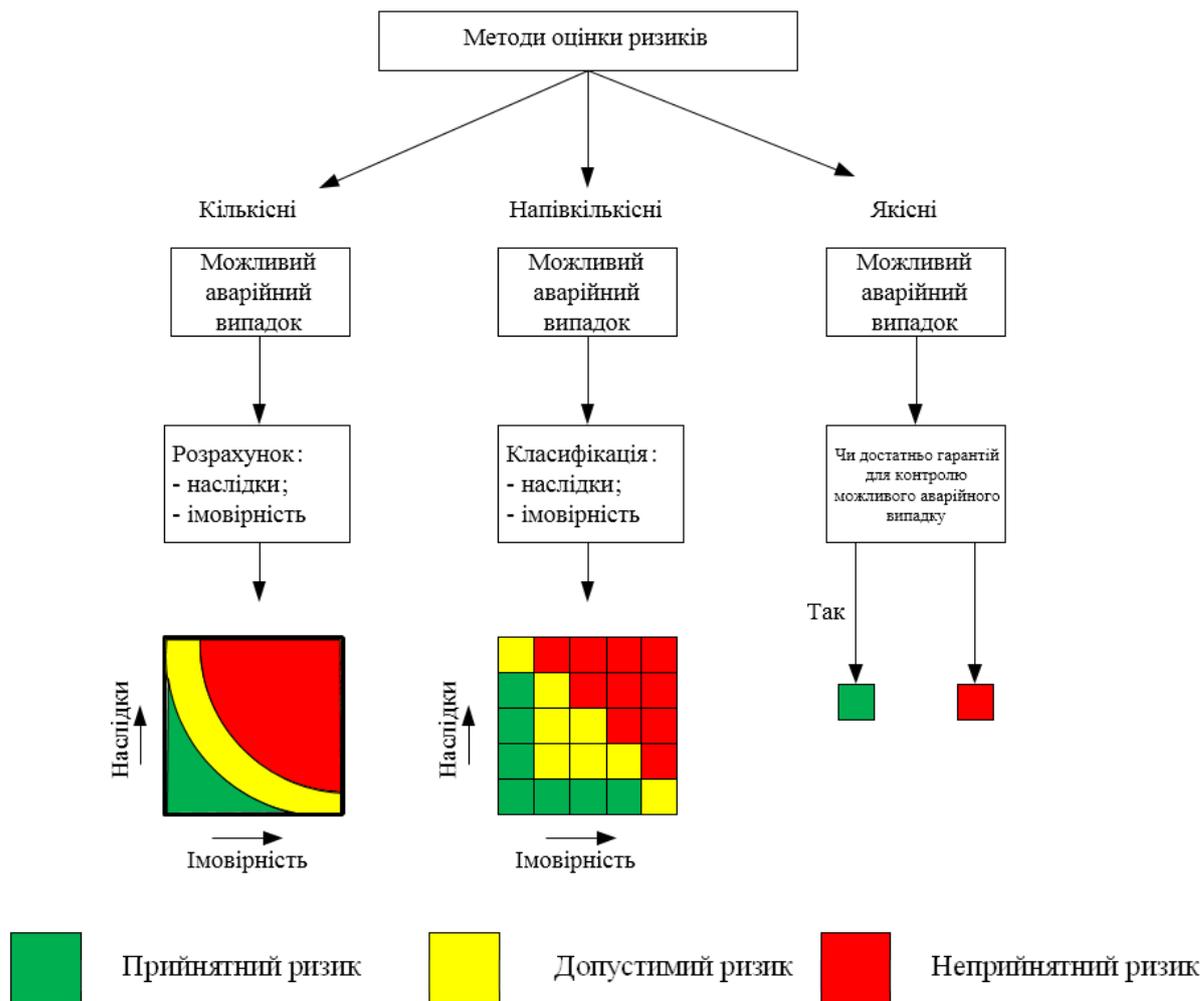


Рис. 2.2. Методи оцінки ризику за Marcin Dziubiński [87]

Виходячи з джерел, проаналізованих у першому розділі цієї роботи, існує велика кількість методів, підходів та понять визначення ризику. Найчастіше ризик визначається як співвідношення [25-26, 87]:

$$R = C \cdot P \quad (2.1)$$

де R - ризик, C - наслідок, P - імовірність.

Також тим самим автором запропонований метод, для визначення причин відмов, помилок та можливих наслідків. Він включає в себе розрахунок індивідуального та соціального ризиків [88]. Індивідуальний ризик описується співвідношенням (2.2):

$$IR = P_f \cdot P_{d/f}, \quad (2.2)$$

де P_f - імовірність виникнення інциденту. P_{dlf} - імовірність смерті людини, якщо інцидент станеться.

Соціальний ризик визначається відношенням між кількістю людей, які зазнали шкоди від одного інциденту і ймовірністю того, що кількість постраждалих є перевищеною.

Особливістю методології Marcin Dziubiński є поєднання якісного та кількісного методів визначення оцінки.

Напівкількісні методи використовуються для визначення небезпек і можливих нещасних випадків [21].

Запропоновану в праці [89] класифікацію методів, що спрямовані на визначення ризиків, наведено в табл.2.4.

Таблиця 2.4

Класифікація методів для визначення ризиків [89]

Метод	Опис
Матриця ризиків	Кількісні оцінки частоти і наслідків виражені окремо і представлені у вигляді двовимірної матриці
Напівякісні показники ризику	Чинники, які впливають на частоту і наслідки, являються визначеними, математично скомбінованими величинами.
Кількісні показники ризику	Чинники, які здійснюють вплив на частоту і наслідки, являються визначеними величинами, множення яких дає в результаті оцінку ймовірності відмови і ризику
Імовірнісний аналіз ризику	Частота і наслідки відмов визначені кількісно і за допомогою теорії ймовірностей

Наведені вище методи [87, 89] стосуються оцінки ризиків на трубопроводному транспорті. Проте, в праці [90] автор стверджує, один і той же інструментарій загальної теорії ризику дозволяє вирішувати основні проблеми аналізу та управління ним для всіх предметних галузей. Використання методів визначення ризиків безпосередньо на автомобільному транспорті (рис. 2.3),

описаних в працях [23, 27-28, 87], які були наведені в розділі 1, обґрунтовує це твердження.

О.В. Рябушенко у праці [91] систематизував підходи аналізу та оцінки ризиків, що використовуються для економічних розрахунків. Автором запропонована класифікація методів аналізу ризиків ДТП.

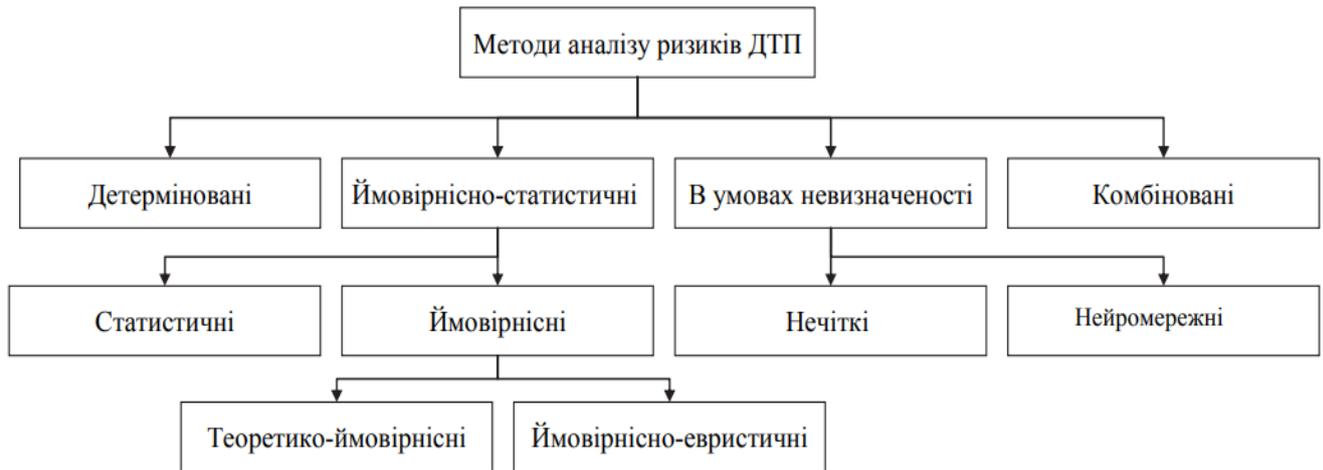


Рис. 2.3. Методи аналізу ризиків виникнення ДТП [91]

Усі наведені вище методи можуть бути поділені на якісні та кількісні. Класифікація проводиться за видом початкової та результуючої інформації.

Досвід закордонних вчених показує, що найбільший обсяг рекомендацій для забезпечення безпеки руху вироблено із застосуванням якісних методів. Проте, кількісні методи оцінки ризику можна вважати єдино допустимими при порівнянні небезпеки різної природи [92].

Для проведення кількісного аналізу вимагається великий обсяг інформації щодо аварійності, необхідність урахування особливостей руху, дорожніх та погодних умов, тривалості перебування оператора на робочому місці.

Враховуючи вище наведене, можна стверджувати, що метод ймовірностей є одним з найперспективніших. В залежності від наявної інформації поділяють такі методики: статистичні, коли ймовірність може бути визначена за статистичними даними та теоретико-ймовірнісні, коли статистика майже відсутня [91].

Детерміновані методи передбачають аналіз етапів розвитку ДТП за допомогою імітаційних математичних моделей. Застосування цього методу може

бути застосоване для кількісного визначення впливу зовнішніх чинників на якість роботи водіїв.

На рис. 2.3 видно, що можливе поєднання двох методів. Вони можуть бути скомбінованими залежно від цілей дослідження. Беручи до уваги наведені вище характеристики статистичного та детермінованого методів, то можна зробити висновок, що їх комбінація може дати в результаті математичну модель, яка базується на певних статичних даних.

2.4. Методи визначення психофізіологічних особливостей водіїв

2.4.1. Електрофізіологічні методи

Електрофізіологічні методи дозволяють проводити запис (реєстрацію) різних показників життєдіяльності людини, які в подальшому проходять обробку та аналіз для розрахунку ключових критеріїв ФС водіїв. В основному, вони розроблені і застосовуються у медицині, деякі з них, виходячи із практичності застосування та інформативності результатів та у авіації і інших галузях транспорту.

Електроенцефалограма – дослідження роботи нервової системи, а саме – головного мозку. Цей метод є дуже інформативним, оскільки отримані дані дають можливість оцінити як загальний ФС водія, так і окремі психічні стани. Проте, великими недоліками є важкість читання електроенцефалограми з технічного боку, вплив чинників навколишнього середовища на якість запису та складність експлуатації відповідних приладів. Цей метод зазвичай застосовується у лабораторних умовах із використанням необхідного програмного забезпечення. Дослідження з використанням цього методу проводились в роботах [93-94].

Шкірно-гальванічна реакція – досліджує зміну різниці потенціалів між окремими ділянками на поверхні шкіри людини при несподіваній появі сигналу або болю. Недоліком такого методу є те, що шкіра звикає з часом до таких подразників та не проявляє ніякої реакції. Це пояснюється як фізіологічним звиканням, так і психологічним. У працях Є.М. Лобанова [42] та В.С. Гаврилова [95] використовувався саме цей метод.

Найбільш вивченим, досконалим і часто застосовуваним методом є електрокардіограма – реєстрація даних серцевого ритму. Це пояснюється тим, що цей метод широко використовується в клінічній практиці для вивчення серцево-судинної системи. Широке дослідження структури серцевого ритму в спортивній, авіаційній і космічній медицині, а також у клінічній практиці, дало можливість диференційованого підходу до кількісної оцінки ступеня участі центральних і автономних механізмів регуляції серцевого ритму при впливі різних чинників на організм. Такий метод використовувався для досліджень ФС у роботах [42, 45, 51, 59, 60].

2.4.2 Варіабельність серцевого ритму, як основний метод дослідження функціонального стану водія

Варіабельності серцевого ритму (ВРС) – є одним з найдосконаліших методів дослідження механізмів роботи серцево–судинної системи. Використовуючи цей метод, можна описати стан механізмів регуляції фізіологічних ролей в організмі людини. ВРС відображає вираженість коливань ЧСС по відношенню до її середніх ритмів [45, 51, 96-99].

Усі методи аналізу ВРС поділяються на три групи [97 - 99]:

- дослідження загальної ВРС (часовий аналіз);
- дослідження періодичних складових ВРС (спектральний аналіз);
- геометричні методи аналізу ВРС.

Одними з основних показників ВРС, що чітко показують оцінку ФС водія, є статистичний показник – індекс напруження (ІН), геометричний – триангулярний індекс (Ті) та комплексний показник ПАРС. ІН регуляторних систем характеризує активність механізмів симпатичної регуляції та стан центрального контуру регуляції. ІН обчислюється на підставі аналізу графіка розподілу кардіоінтервалів – варіаційної пульсограми, або за формулою [98-99]:

$$IH = \frac{AM_o(\%)}{2 \cdot M_o \cdot \Delta X_{(C)}} \quad (2.9)$$

де, AM_o – значення моди у відсотках; M_o – значення, що найбільш часто зустрічається серед RR- інтервалів (с); $\Delta X_{(c)}$ – варіаційний розмах.

Якщо виразити це через кількісну величину то це співвідношення висоти гістограми розподілу кардіоінтервалів до її ширини. Нормальні значення ІН повинні знаходитись в межах від 80 до 150 у.о. Це дуже чутливий показник до напруги тону су симпатичної нервової системи, при якому навіть незначні навантаження (фізичні або емоційні) збільшують його значення в 1,5-2 рази. За сильних навантажень він зростає у 5-10 разів [96, 98-99].

Найбільшого поширення серед графічних методів аналізу ВРС у сучасних холтерівських системах є T_i . Це співвідношення загальної кількості інтервалів між серцевими скороченнями до кількості інтервалів, які потрапили в діапазон моди. Гістограму розподілу кардіоінтервалів будують на шкалі з кроком 1/128 с. У нормі значення T_i становить 37 ± 5 у.о. [98-99].

ПАРС характеризується низкою фізіологічних функцій організму, які виражають загальний ФС і слугують своєрідними критеріями він визначається за їх сумою по модулю [98-99]:

$$ПАРС = |A| + |B| + |B| + |\Gamma| + |D| \quad (2.10)$$

де А-Д загальна оцінка статистичних, геометричних та спектральних показників ВРС.

Цей показник оцінюється балами за десятибальною шкалою [98-99]: від стану регуляторних систем в межах оптимального напруження, яке необхідне для взаємодії організму людини з середовищем (1-3 бали); до стану виснаження регуляторних систем та зриву адаптації (8-10 балів).

Врахувавши такі показники, як ІН та ПАРС на основі аналізу електрокардіограми можна відобразити ФС людини. Необхідно зазначити, що оцінка психофізіологічних показників водія особливо важлива, тому що при їх зміні знижується працездатність, що, в свою чергу, впливає на безпеку дорожнього руху.

2.4.3 Технічні та програмні засоби для визначення функціонального стану водіїв

Для збору інформації використовуються сучасні системи хотлерівського моніторингу ЕКГ. Це дозволяло записувати дані в цифровому вигляді та проводити їх обробку за допомогою персональних комп'ютерів (ПК). Такі прилади є портативними і складаються із основного блоку невеликих розмірів та п'яти відведень, які кріпляться до тіла піддослідного. Запис проводиться на карту пам'яті, з якої пізніше проводиться зчитування даних та їх обробка за допомогою спеціального програмного забезпечення. Однією з таких систем є комплекс CardioSens, розроблений Харківським авіаційним університетом. Цей прилад використовувався для досліджень, представлених в роботах [42, 45, 51, 59, 60].

Недоліком таких систем є створення дискомфорту для водіїв під час керування автомобілем, ймовірність запису некоректних даних з причини поломки карти пам'яті, розрядження акумуляторів чи поганого контакту електродів зі шкірою досліджуваної особи. Основна проблема полягає в тому, що під час проведення досліджень немає можливості здійснити онлайн моніторинг запису.

Сьогодні існує велика кількість засобів, які використовуються звичайними користувачами для оцінки стану свого здоров'я, під час проведення тренувань чи інших фізичних та психічних навантажень. Вони набули популярності за рахунок того, що показники серцево-судинної активності можна спостерігати в режимі реально часу на мобільному телефоні, а також переглядати раніше отримані результати. Для цього необхідно мати спеціальний пристрій, який може мати вигляд годинника, браслета або пояса та мобільний телефон з додатком і можливістю дистанційного з'єднання.

На цей час в Європі та США складено рейтинг п'яти найкращих приладів для проведення запису ЕКГ [100]. Перше та друге місця в рейтингу посідають Polar H7 Bluetooth Heart Rate Sensor та Polar H10 Heart Rate Sensor відповідно. Друге та третє місця цього рейтингу поділяються між Garmin Premium Heart Rate Monitor та 4iiii V100 Innovations Viiiiva Heart Rate Monitor. Такі пристрої є автономними, зручними у користуванні та дозволяють отримувати необхідні показники ВСР у формі

записів, які обробляються через мобільні додатки чи спеціалізоване програмне забезпечення.

Для порівняння сучасних приладів для запису ЕКГ проведено спеціальні дослідження якими визначено сенсор, що найбільш точно відображає показники ВСР при щоденному використанні в реальних умовах. Дослідження проводилось поясом Polar H7, та годинником Mio Alfa. Отримані дані порівнювались з результатами дослідження в клінічних умовах сучасним приладом для запису ЕКГ. Встановлено наскільки відрізняються часові відстані між послідовними ударами серця при дослідженнях цими приладами. Результат є таким: точність порівняно з клінічним приладом у Polar H7 склала близько 99,7%, в той час як Mio Alpha – лише 77% [101-102]. Результати цих досліджень трактуються тим, що сигнали на зап'ясті є досить слабкими, а отримувати їх без активного руху – досить складно, тому і отримання надійних результатів серцевого ритму стає набагато складнішим.

Зручним та ефективним засобом для проведення дослідження ФС водіїв є онлайн-програма та мобільний додаток CardioMood (рис. 2.4) [103].

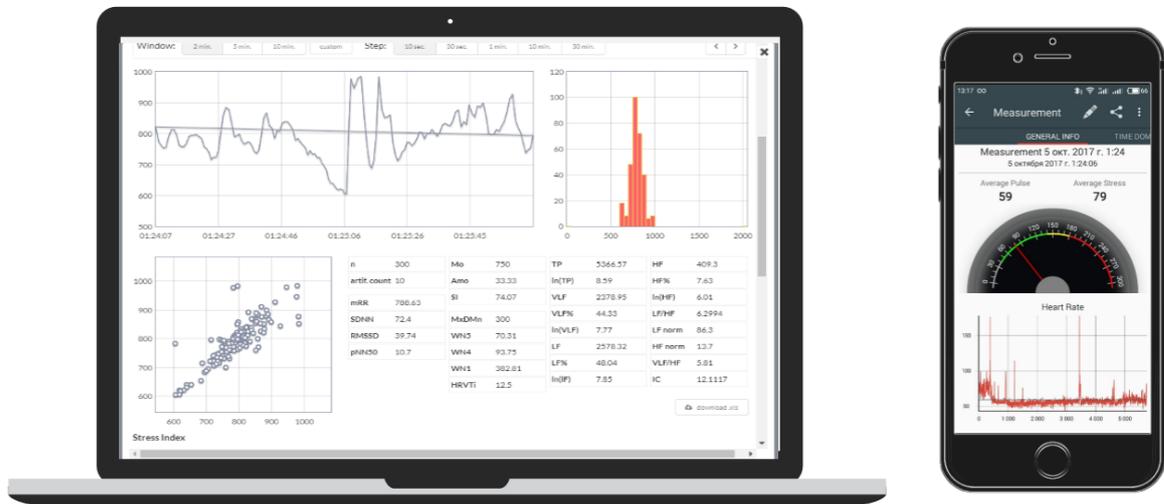


Рис. 2.4. Інтерфейс онлайн-ресурсу та мобільного додатку CardioMood

Ця система підтримує більшість приладів для визначення ВСР, а результати запису можуть бути показані в режимі реального часу (якщо мобільний пристрій підключений до інтернету), а також зберігаються в хмарному середовищі та можуть бути імпортованими до інших програмних засобів, оскільки статистичні дані виводяться у форматі CSV. Ще однією перевагою цього ПЗ є те, що короткі, але

інформативні звіти по аналізу зібраних даних можна переглядати на мобільному пристрої, не використовуючи ПК.

2.4.4 Методика визначення соціотипу водіїв

В основі соціоніки лежить модель «А» – обробка інформації, яка складається із восьми функцій, кожна з яких обробляє один аспект інформаційного метаболізму і має свої особливості. Всього виділяють 16 соціотипів, кожен з яких володіє унікальним розташуванням аспектів в моделі «А» [104].

Виділяють чотири основні пари ознак соціотипів. Це «логіка-етика», «інтуїція-сенсорика», «інтроверсія-екстраверсія» та «раціональність-ірраціональність». У кожного соціотипу може переважати тільки одна ознак із пари. Тобто людина не може бути водночас екстравертом та інтровертом чи раціоналом та ірраціоналом.

Одною із важливих особливостей соціоніки є діагностика («типування») – підбір типу інформаційного метаболізму, який найбільш близько моделює поведінку людини в різних ситуаціях.

Існують такі методи визначення психотипу людини:

- використання соціонічних тестів, опитувань;
- соціонічне інтерв'ю;
- за поведінкою і невербальними ознаками.

Для опису результатів досліджень соціонічного психоділення, в світовій практиці, приймають індикатор типів Маєрс-Бріггз (МВТІ) [105]. Він полягає у описі таких критеріїв: екстраверсія (E, extroversion) — інтроверсія (I, introversion), інтуїція (N, intuition) — сенсорика (S, sensation), мислення (T, thinking) — переживання (F, feeling), думка (J, judgment) — сприйняття (P, perception). Останні два критерії відповідають раціональності та ірраціональності К. Юнга.

Виходячи з цього, всі соціонічні типи за МВТІ можна розділити на 4 групи:

- Прагматики (ST): ESTp, ESTj, ISTp, ISTj;
- Дослідники (NT): ENTp, ENTj, INTp, INTj;
- Соціали (SF): ESFp, ESFj, ISFp, ISFj;
- Гуманітарії (NF): ENFp, ENFj, INFp, INFj.

На сьогодні найбільш чітким методом визначення соціотипу людини є типологічний опитувальник MBTI, який складається із 94 питань типу «так або ні» та спеціального ключа, за яким визначаються переваги основних психічних функцій або критеріїв (Додаток А).

2.5 Методика проведення експериментальних досліджень

2.5.1 Планування експерименту

Планування експериментальних досліджень проводилось згідно [106]. Відповідно до загальноприйнятих норм і вимог щодо постановки досліджень, визначались основні етапи, кроки та умови їх проведення. В загальному випадку, вони включають в себе: мету і завдання експерименту; вибір чинників, які варіюють; обґрунтування обсягу експерименту; порядок проведення дослідів; визначення послідовності вимірювання чинників; вибір кроку їх вимірювання; обґрунтування засобів вимірювань; описування порядку проведення експерименту (етапів роботи, розподілу роботи між виконавцями); обґрунтування способу обробки й аналізу результатів експерименту.

Метою експериментальних досліджень є визначення закономірностей впливу умов руху, сформованих маршрутами перевезення небезпечних вантажів, на ФС водіїв. Це є необхідним для подальшого використання отриманих результатів у розробці заходів щодо вдосконалення технологічного процесу перевезень.

Проведення досліджень передбачає вирішення таких завдань:

- отримання даних щодо зміни ФС водіїв під час роботи в межах населеного пункту залежно від умов руху;
- визначення закономірностей зміни ФС водіїв під час роботи за межами населеного пункту залежно від умов руху;
- виявлення закономірностей впливу елементів технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів на ФС водіїв протягом робочого дня;
- оцінка впливу дорожніх умов на показники технологічного процесу перевезень.

Серед чинників, які безпосередньо розглядаються, як такі, що визначають умови технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів варто виділити групи, описані у рис. 1.2. Основною підмножиною врахованих чинників є ті, які характеризують водія, умови руху та технологію перевезень, а доцільність їх врахування та наявність зв'язку між собою в транспортних процесах підтверджені попередніми дослідженнями по цій тематиці.

До них відносяться:

- показники транспортних потоків (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 ТЗ);
- психофізіологічні особливості водіїв та їх професійні якості.

До чинників, які беруться до уваги в їх сталому стані варто віднести деякі елементи системи ВАДС, які є важко передбачуваними, а їх варіація може залежати від конкретних особливостей проходження технологічних процесів перевезення.

Серед них виділяються:

- гідрометеорологічні умови (дослідження передбачають рух у світлу пору доби в весняно-осінній період без значних атмосферних опадів);
- стан дорожнього покриття (до уваги беруться результати, отримані при русі маршрутами, де його стан є задовільним);
- характеристики транспортних засобів (для дослідження використано спеціалізовані автомобілі, які мають свідоцтво про допуск до перевезення небезпечних вантажів та обладнані відповідно до всіх норм і правил, вантажопідйомністю 5-7т та подібними технічними характеристиками);
- особливості вантажів (до уваги брались перевезення вантажів описаних у табл. 1.2, оскільки вони є найбільш поширеними предметами транспортування серед 2-го класу небезпеки, а в подальшій роботі враховується їх вибухонебезпека);

- умови навантажувально-розвантажувальних операцій (враховано тривалість їх проведення, але не вплив на водія, оскільки дослідження виключають його участь в цьому процесі).

Правильна пріоритетність врахування вище перелічених чинників дозволяє отримати більш конкретні результати, які відповідатимуть меті досліджень.

Для отримання достовірних результатів досліджень потрібно визначити кількість замірів шуканих величин. В нашому випадку це стосується величин, які є залежними від вище перелічених чинників, а саме: IH , Ti , ПАРС та технічна швидкість транспортних засобів. Взявши за основу методику визначення мінімально необхідної кількості замірів, описану у [106, 107] проведені попередні дослідження зміни показників ФС водіїв в кількості 20 замірів для визначення необхідних параметрів. Результати обчислень наведені в табл. 2.10. На основі розрахованих параметрів тестової вибірки є можливим визначення кількості замірів для майбутньої, оскільки самі показники та характер їх розподілу є незмінним (нормальним).

Таблиця 2.10

Результати розрахунку параметрів тестової вибірки досліджуваних величин

Показник	IH	Ti	ПАРС	Vm
Середньоквадратичне відхилення	26,154	9,327	1,570	16,256
Середнє арифметичне	201,500	36,987	4,500	35,321
Необхідна точність вимірювань	0,029	0,056	0,078	0,103
Коефіцієнт варіації	0,130	0,252	0,349	0,460
Мінімально необхідна кількість замірів	77	77	77	77

З наведеного вище випливає висновок, що для достовірності подальших досліджень для довірчої ймовірності 0,95 кількість замірів кожного спостережуваного показника повинна перевищувати 77.

Для того, аби правильно підібрати водіїв для проходження психологічних опитувань та проведення досліджень, необхідно розрахувати чи є достатньою

кількість обраних водіїв. Для цього варто скористатись ресурсом [108]. Генеральною сукупністю у нашому випадку може виступати кількість водіїв в Україні, які мають допуск до перевезення небезпечних вантажів. Виходячи з доступної інформації по деяким областям нашої країни та співставивши їх населення із загальним населенням, генеральна сукупність становитиме не більше 2500 водіїв.

В опитуваннях брало участь 47 водіїв, які мають відповідний дозвіл на перевезення небезпечних вантажів та з частотою хоча б раз на місяць працюють з вантажами другого класу. Опитування проводились на транспортних та хімічних підприємствах Львівської області. Результати розрахунків є наступними: для такої кількості водіїв статистична похибка становить не більше 14,2% із забезпеченням довірчої ймовірності 0,95. Враховуючи нерівномірність обсягів перевезень такого виду вантажів в населених пунктах і за їх межами, отримані параметри вибірки можуть бути використаними для проведення досліджень.

Враховані маршрути руху транспортних засобів характеризувались наступними умовами:

а) при русі у межах населеного пункту:

- наявність не менше 3-ох споживачів;
- загальна довжина маршруту – 65-85 км залежно від особливостей географії замовлень;
- тривалість робочого дня водія – 6-8 год в залежності від обсягів робіт та умов руху;
- робочий час доставки вантажів з 8:00 до 18:00 год;
- рух магістральними вулицями та вулицями місцевого значення із різною кількістю смуг руху (1-3 в одному напрямку);
- наявність ділянок скупчення людей і автомобілів (здебільшого на магістральних вулицях) загальною протяжністю 10-30% від довжини маршруту;

б) при русі за межами населеного пункту:

- загальна довжина маршруту – 170-300 км залежно від кількості споживачів та їх розташування;
- маршрут характеризувався зміною умов руху впродовж його слідування. Варто виділити такі типові ділянки доріг:
 - *перший тип*: ділянки доріг із однією або двома смугами руху в одному напрямку, які пролягали в рівнинній місцевості із радіусами горизонтальних кривих більше 1000 м та ділянками підйомів із ухілами до 30% (відповідають легким умовам руху);
 - *другий тип*: ділянки доріг, які переходили з рівнинної місцевості у гірську (або навпаки), де зустрічались радіуси горизонтальних кривих в межах 600 – 1000 м та ділянки з поздовжніми ухілами в межах 35-50% за їх довжини 300-1000 м (відповідають ускладненим умовам руху);
 - *третій тип*: ділянки доріг, для яких характерним була обмежена видимість, висотні відмітки становили більше ніж 500 м над рівнем моря, радіуси горизонтальних кривих, менші від 600 м, а поздовжні ухили більші від 50% за довжини 500-1500 м (відповідають небезпечним умовам руху);
 - наявність ділянок скупчення людей і автомобілів: зони зупинок громадського транспорту та інші точки притягання пішоходів та пасажирів, розташовані на відстані 15-50 м від проїзної частини. Сумарна протяжність таких ділянок становить 3-5% від загальної довжини маршруту;

Дослідження інтенсивності руху проводились шляхом відеозапису, а щільності – фотофіксації ділянок ВДМ, якими проходить маршрут.

ФС водіїв фіксувався за допомогою приладу Polar H7 та мобільного додатку CardioMoodLite. Результати зберігалися і оброблялись в програмному середовищі CardioMood.

Оскільки при перевезенні небезпечних вантажів заборонено перебування в кабіні автомобіля стороннім особам, весь облік проводився автоматично. Перед початком роботи, водій фіксував на собі прилад для запису ЕКГ та підключав його до смартфона. Положення автомобіля в просторі та часі отримано за допомогою

спутникового приймача у відеореєстраторі. Записи оброблялись у камеральних умовах, отримані дані приводилися до систематизованого вигляду для подальшого їх аналізу.

Для обробки результатів застосовані методи математичної статистики, а саме:

- статистичне очищення даних;
- кореляційний та регресійний аналіз;
- методи графічної інтерпритації результатів.

Для побудови регресійних моделей (в тому числі множинних) використовується програмне середовище Statistica, також воно використовується для аналізу розподілу отриманих значень. Графічні моделі побудовані у програмному продукті MS Excel. Оцінка достовірності та адекватностей отриманих регресійних моделей проводилась за наступними критеріями:

- коефіцієнт кореляції;
- коефіцієнт детермінації;
- критерій Фішера;
- середня похибка апроксимації.

Варто зазначити, що для оцінки значущості коефіцієнтів регресійних моделей використовується критерій Ст'юдента та стандартна похибка. Окрім того, для кожного із коефіцієнтів варто розраховувати довірчі інтервали.

2.5.2 Визначення соціотипів водіїв

Для достовірності досліджень та правильного підбору водіїв, за якими ведуться спостереження, проведено їх облік та визначено професійні якості, такі як вік та стаж роботи. Під час аналізу літературних джерел встановлено, що величина, яка вираховується як відношення віку водія до стажу його роботи є адекватним індикатором його професійних якостей. Перелік водіїв, які брали участь у досліджах та професійні якості наведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристика водіїв, обраних для проведення досліджень

№	Вік водія	Стаж роботи	Вік/стаж	№	Вік водія	Стаж роботи	Вік/стаж
1	32	6	5,3	25	44	7	6,3
2	57	22	2,6	26	37	3	12,3
3	56	16	3,5	27	51	23	2,2
4	46	12	3,8	28	33	5	6,6
5	32	4	8,0	29	43	12	3,6
6	30	5	6,0	30	48	8	6,0
7	39	4	9,8	31	31	4	7,8
8	33	6	5,5	32	39	7	5,6
9	44	3	14,7	33	47	3	15,7
10	48	6	8,0	34	47	4	11,8
11	48	9	5,3	35	46	20	2,3
12	43	6	7,2	36	45	18	2,5
13	47	9	5,2	37	53	13	4,1
14	51	18	2,8	38	41	4	10,3
15	50	20	2,5	39	36	2	18,0
16	47	6	7,8	40	47	14	3,4
17	32	3	10,7	41	45	12	3,8
18	45	15	3,0	42	43	8	5,4
19	48	14	3,4	43	36	5	7,2
20	34	3	11,3	44	38	3	12,7
21	31	3	10,3	45	50	16	3,1
22	57	17	3,4	46	43	14	3,1
23	45	17	2,6	47	47	14	3,4
24	33	2	16,5				

Результати опитування показують, що вік водіїв коливається від 31 року до 57 років, а стаж роботи – від 3 до 22 років. Для того, щоб провести більш чітку класифікацію водіїв, варто крім професійних якостей брати до уваги особливості їх психіки.

Відповідно до методики, наведеної у п. 2.4 цього розділу проведено тестування водіїв на визначення їх соціонічного типу. Результати опрацювання анкет наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Результати соціонічного тестування досліджуваних водіїв

№	Соціотип								
1	ENFJ	11	ESFJ	21	ISFJ	31	ENFJ	41	ENTP
2	ENFJ	12	ENFP	22	ENFJ	32	ENFJ	42	ENFP
3	ENFJ	13	ENFJ	23	ENFJ	33	ENFP	43	ENFP
4	ENFJ	14	ENFJ	24	ISTJ	34	ISFP	44	ISTJ
5	ENTP	15	ESFJ	25	ESTP	35	ENTP	45	ENFP
6	ESTJ	16	ENFJ	26	ISTJ	36	ENFP	46	ENFP
7	ESFJ	17	ISFP	27	ENFJ	37	ENFJ	47	ENFJ
8	ENFP	18	ESFJ	28	ESFJ	38	ISTJ		
9	ISTJ	19	ENFJ	29	ENTP	39	ESFJ		
10	ENTP	20	ISTJ	30	ESFP	40	ENFJ		

Проведені опитування показують, що розподіл водіїв за соціотипами не є рівномірним, однак, спостерігається чітка диференціація між психічними функціями: екстраверсія – інтроверсія, мислення (інтуїція) – сенсорика, що свідчить взаємозалежність професійних якостей водіїв та будови їхньої психіки.

Проаналізувавши результати досліджень, зроблено висновок, що всіх опитаних водіїв можна розподілити на три групи, які характеризуватимуть зв'язок професійних якостей та психічних функцій. Результати зведення занесені до табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Розподіл досліджуваних водіїв на умовні групи

Група №	Відношення віку до стажу роботи	Переважаючі психічні функції	Частка
1	< 5	екстраверсія – мислення	34%
2	5-10	екстраверсія – інтуїція	41%

Продовження таблиці 2.7

3	> 10	інтроверсія – сенсорика	19%
інші	–	–	6%

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

Використовуючи отримані результати, необхідно коректно проводити збір та аналіз даних, оскільки, внутрішні чинники впливу на ФС водія можуть по-різному проявлятися в інших дорожніх умовах.

Варто зазначити, що у водіїв першої групи спостерігається найкраща психологічна стійкість в поєднанні із високими професійними якостями. Схожі результати спостерігаються у другій групі, але вона є відокремленою, оскільки розмах рівня професійних якостей водіїв є більшим. До третьої групи віднесені водії із найменшим стажем роботи, а динамічні особливості їхньої психіки суттєво відрізняються від попередніх двох випадків.

2.6 Висновки до розділу

1. Розглянуто методи побудови технологічних операцій в процесі перевезення небезпечних вантажів, зокрема проектування маршрутів руху та складання графіків роботи.

2. Визначено типи дорожніх умов та стани ТП, які суттєво впливають на надійність роботи водіїв. Встановлено, що найбільш інформативним методом опису стану ТП є рівень завантаження, а індикатором складності дорожніх умов – геометричні параметри автомобільних доріг.

3. Проаналізовано методи оцінки ризиків, які можуть бути використаними для визначення безпеки здійснення перевезень небезпечних вантажів.

4. Проаналізовано методи дослідження психічних та фізіологічних особливостей водіїв, як індикаторів їх надійної роботи.

5. Встановлено, що найбільш інформативним методом визначення ФС, як рівня надійної роботи водіїв, є аналіз ВСР на основі запису ЕКГ.

6. Визначення психічних особливостей водіїв варто проводити методом соціонічного типування, оскільки така система надає більш широке уявлення про особистість, ніж стандартні тестові методи.

7. Охарактеризовано методику проведення експериментальних досліджень, яка враховує особливості роботи водія, характеристику вантажів та транспортних засобів, а також типи дорожніх умов при перевезенні небезпечних вантажів.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

3.1 Дослідження зміни показників функціонального стану водіїв під час роботи в межах населеного пункту

Дослідження проводились за допомогою приладу Polar H7 та програмного забезпечення для Android смартфонів «CardioMood». За допомогою цього приладу досліджено основні показники ФС водія, а саме Ті та ІН. Дані отримані з Polar H7 відправлялись по Bluetooth на смартфон, та оброблялись в програмі «CardioMood».

Для обробки та аналізу результатів дослідження використовувалось програмне забезпечення Statistica та MS Excel. Графічні залежності будувались для водіїв, які керували транспортними засобами одного типу та перевозили такий самий вантаж в межах міста. До уваги брались лише ті результати, у яких початкові значення показників ФС водіїв були в межах норми. Отримані числові значення наведені в Додатку Б.

Рух в місті характеризувався різнотипними умовами, оскільки маршрут руху передбачав проїзд різних ділянок, на яких показники транспортних потоків були іншими.

Для того, щоб коректно визначити як показники ТП впливають на надійність роботи водія, варто визначити зміну його ФС залежно від інтенсивності та щільності руху, а також, після проведення розрахунків, від рівня завантаження. Це найбільш інформативний кількісний показник ТП, який так само може бути виражений якісними характеристиками.

Отримані залежності зміни показників ФС водія від інтенсивності руху ТП для різних соціотипів водіїв наведені на рис. 3.1 – 3.2. Для кращого відображення впливу інтенсивності руху на показники ФС водія, проведено заміри на ділянках ВДМ із однією – трьома смугами руху в одному напрямку. Для односмугової

ділянки інтенсивність руху фіксувалась в межах 1250 од/год, для двохсмугової – 1250 – 2250 од/год, а для трьохсмугової – більше 2250 од/год.

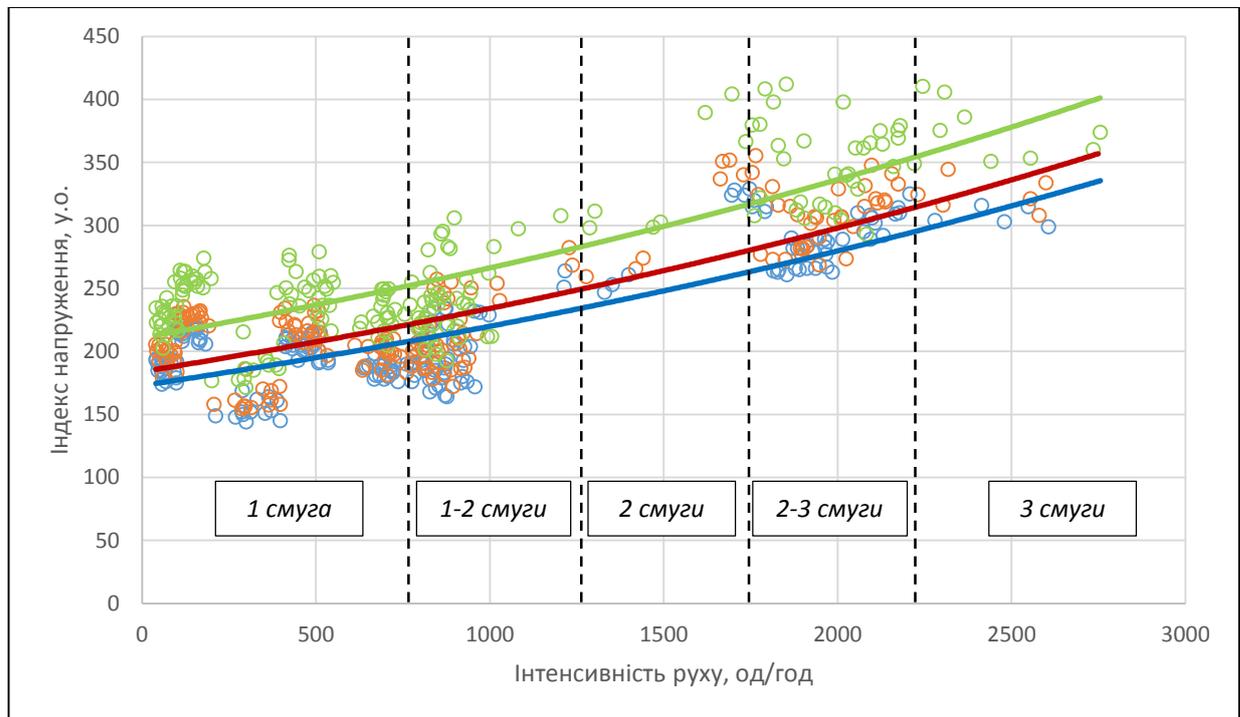


Рис. 3.1. Зміна ІН водіїв за різної інтенсивності руху при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

З цієї залежності видно, що ІН водіїв різних соціотипів за інтенсивності до 1000 од/год дещо відрізняється та ділиться на певні групи, але коливається в межах 150-300 у.о. Значне відхилення цього показника помітно тоді, коли інтенсивність потоку зростає до 2000 од/год і вище. Це свідчить про те, що водії, які відносяться до першої групи перебувають у стані вираженої напруги. Інші водії працюють в умовах помірного напруження.

Для оцінки надійності роботи водія, яка виражається його ФС, варто використовувати додаткові показники, зміна яких підтвердить наявність впливу тих чи інших чинників на його зміну. В цьому випадку застосовується Ті, який є обернено пропорційний до ІН.

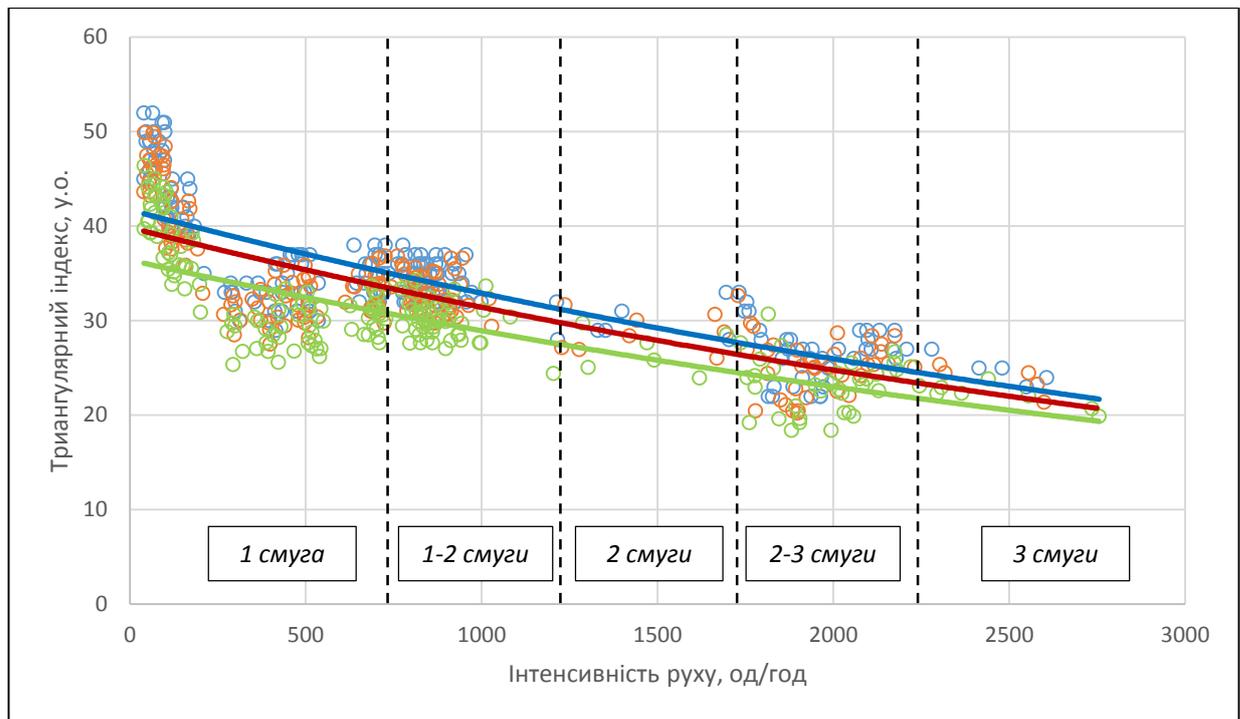


Рис. 3.2. Зміна Ті водіїв за різної інтенсивності руху при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

З рис. 3.2 помітно, що значення Ті умовно можна поділити на 3 множини, де за низької інтенсивності руху, від 40 до 200 од/год, він виражає відсутність явних ознак напруження. При інтенсивності від 200 до 1000 од/год цей показник є вищим, проте знаходиться в нормальному діапазоні. За інтенсивності руху 1500 од/год і вище, спостерігається стан перенапруження у всіх водіїв. Так як і при фіксації ІН, найбільший вплив інтенсивності руху здійснюється на водіїв третьої групи.

Виходячи із отриманих залежностей, можна стверджувати, що динаміка ТП, виражена його інтенсивністю, здійснює певний вплив на ФС водіїв, а отже, і на надійність їх роботи. Найбільш виражено цей вплив спостерігається у водіїв третьої групи, а найменше у водіїв, які відносяться до першої групи. Це пояснюється динамікою їхньої психіки та здатністю адаптації до умов навколишнього середовища

Статичним показником ТП є його щільність, тому так само варто оцінити, як він впливає на рівень напруги роботи водіїв. Оскільки щільність потоку та інтенсивність руху мають нелінійну залежність, характер їх впливу на ФС водіїв може відрізнятись. Результати досліджень наведено на рис. 3.3 – 3.4.

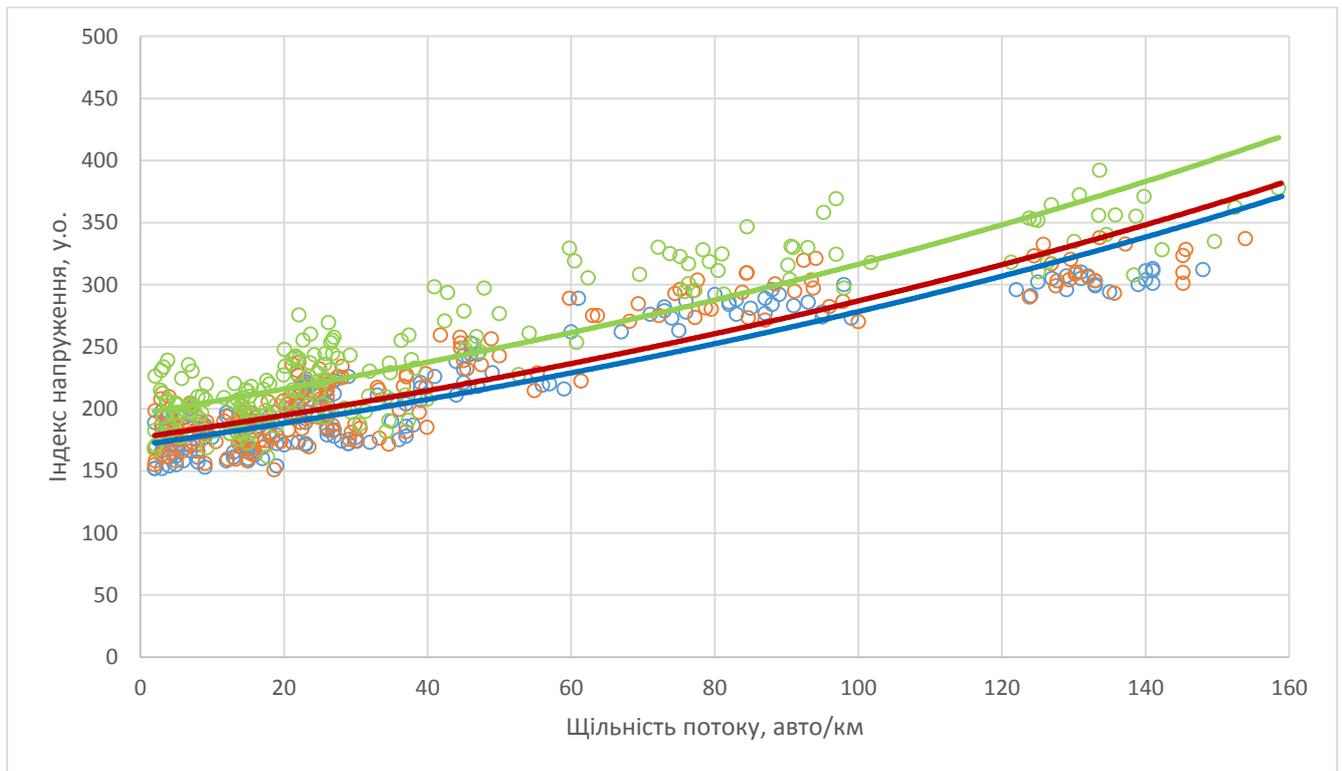


Рис. 3.3. Зміна ІН водіїв за різної щільності ТП при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

З цієї залежності видно, що при щільності ТП до 60 авто/км, індекс напруження знаходиться в межах від 150 до 200. 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 водії, які відносяться до першої та другої

групи. Якщо взяти до уваги водіїв третьої групи, то їх показник стресу є на 18-22% вищим. Для підтвердження результатів наведемо залежність зміни Ті водіїв за різного значення щільності.

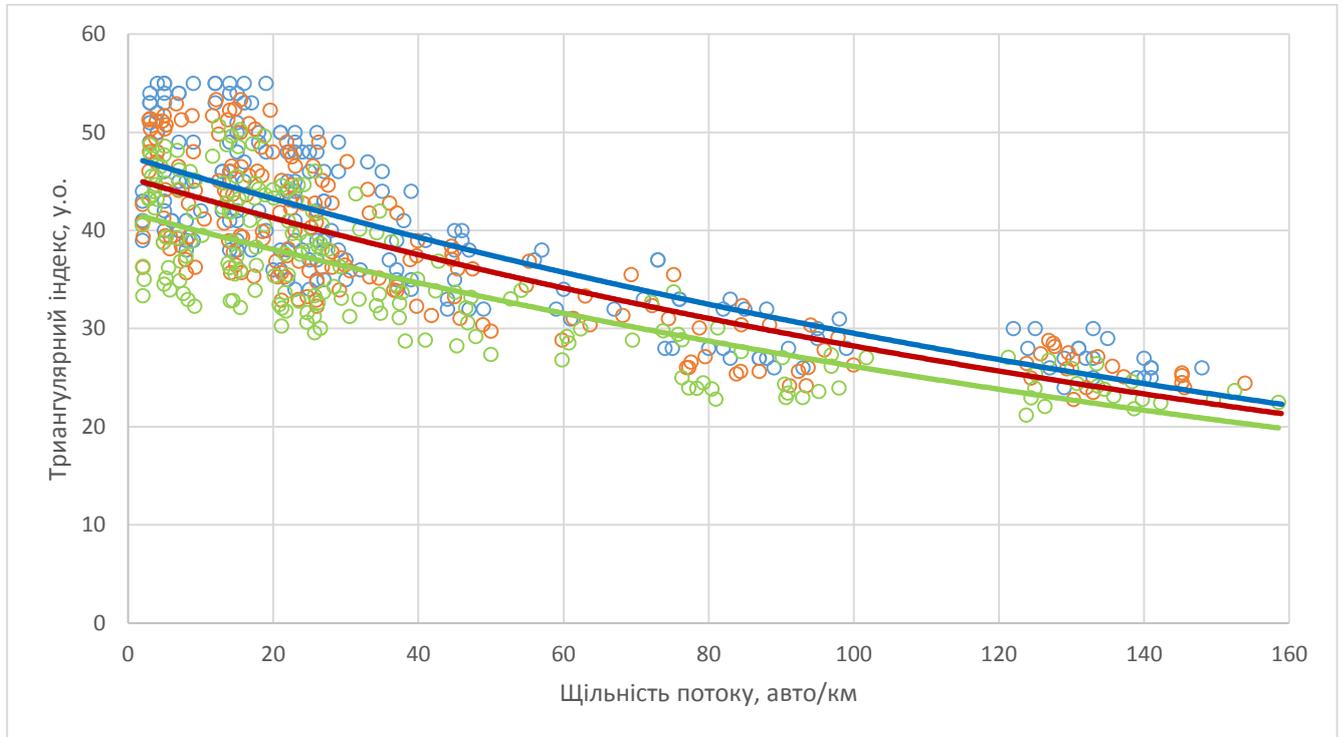


Рис. 3.4. Зміна Ті водіїв за різної щільності ТП при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

Як помітно з рисунку, Ті водіїв при збільшенні щільності ТП поступово зменшується. Це показує, що їх напруженість при зростанні щільності поступово збільшується. Особливо це виражається при значенні щільності, більшій 60 авто/км. В цих випадках він є значно меншим за норму. Варто зазначити, що так само, як і в попередніх залежностях, загальний рівень стресу водіїв третьої групи є вищим, а показники його ФС мають найбільше розсіювання. Це свідчить про нестабільність їх нервово-емоційного стану, особливо за низького рівня насичення ТП.

Для того, щоб визначити закономірності надійної роботи водіїв в міських умовах, варто крім варіації первинних показників ТП, якими є щільність потоку та інтенсивність руху, звернути увагу на відповідність створених умов до вимог існуючих. Таку відповідність можна виразити рівнем завантаження ділянок ВДМ. Результати дослідження зміни показників ФС водіїв за різного рівня завантаження наведені на рис. 3.5 – 3.6.

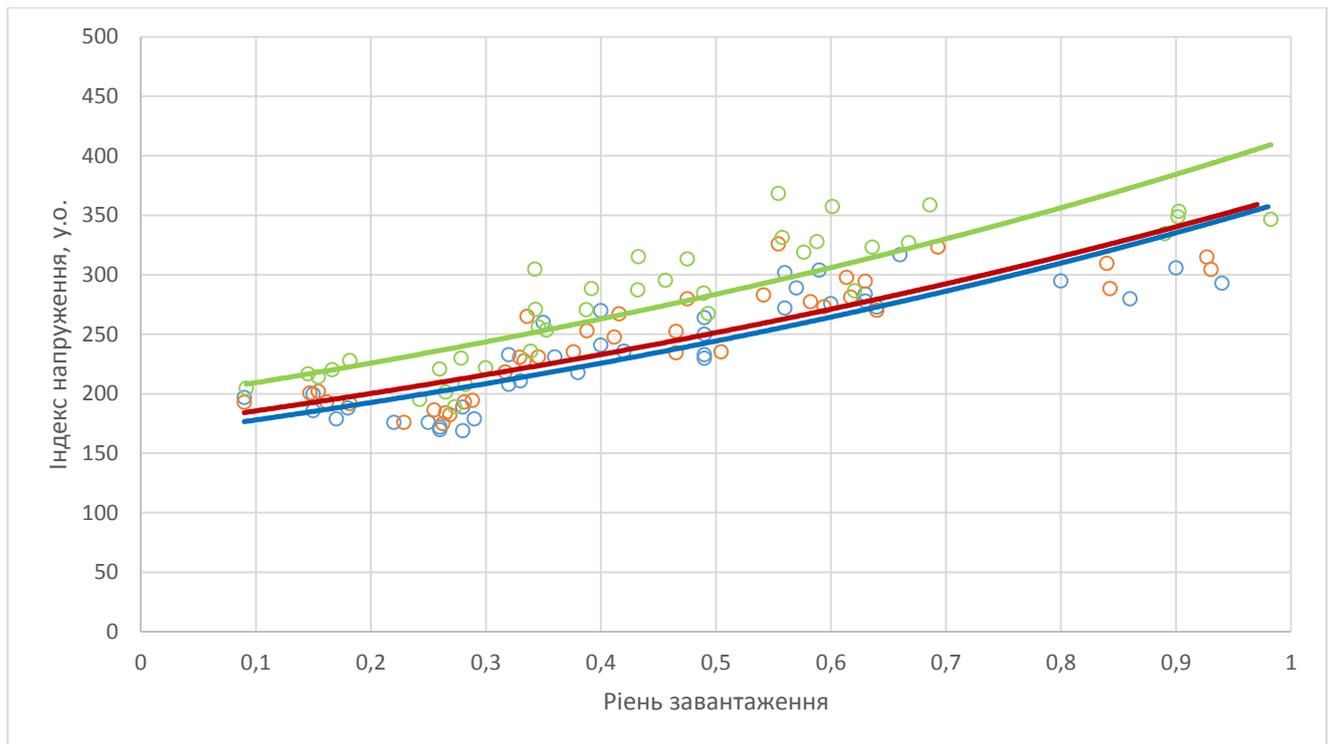


Рис. 3.5. Зміна ІН водіїв за різного рівня завантаження при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

Відповідно до отриманої залежності, 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 категорій 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.

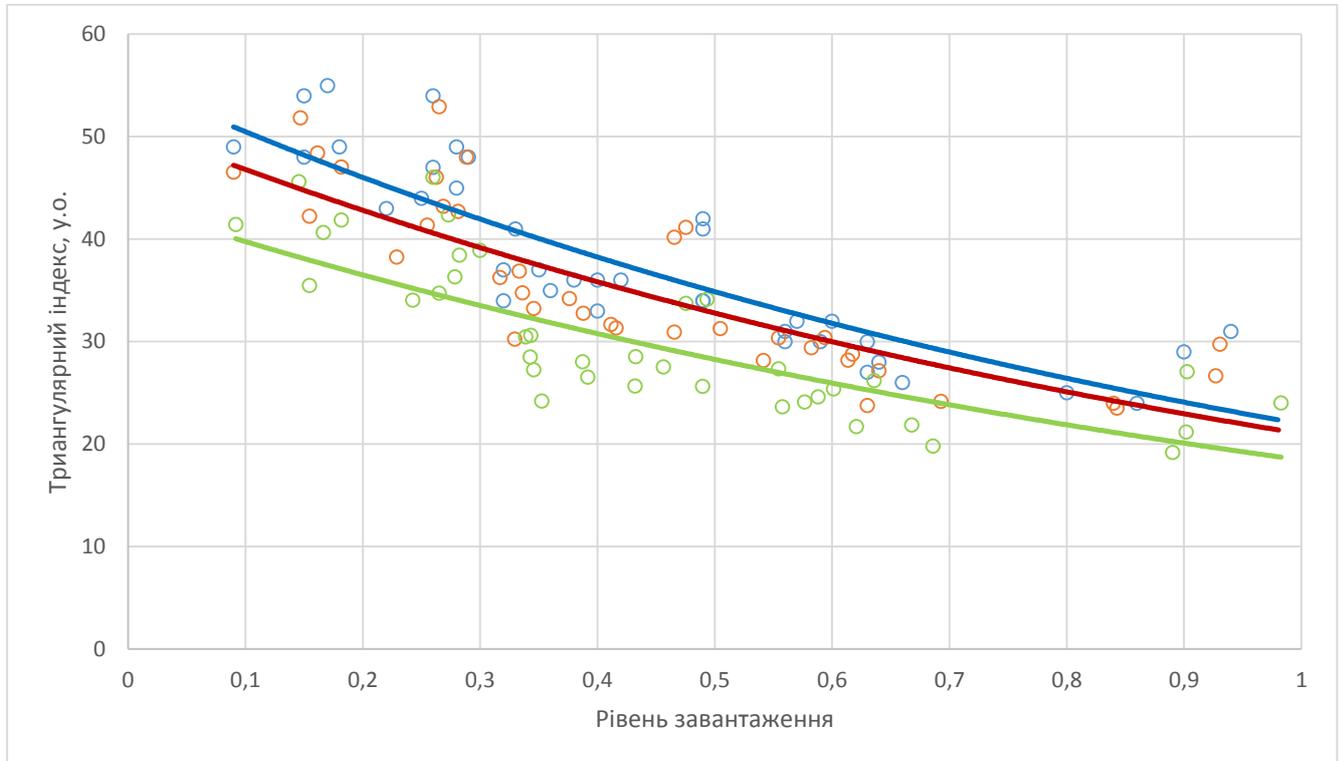


Рис. 3.6. Зміна Ті водіїв за різного рівня завантаження при транспортуванні небезпечного вантажу в межах міста, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

Попередні результати підтверджуються зміною Ті водіїв. Як видно з рис. 3.6 при рівні завантаження більшому за 0,5 його значення починають переходити до таких, які мають явні ознаки напруги. Отримані залежності свідчать також про те, що параметри транспортних потоків найбільше впливають на водіїв третьої групи. В складних умовах, при збільшеній щільності та інтенсивності руху водії цієї групи перебувають у стані перенапруги і показники їх ФС є більшими на 20% ніж у інших.

В загальному, якщо розглядати міські умови руху, у всіх водіїв у різній мірі спостерігається тенденція до погіршення їх психоемоційного стану при зростанні первинних показників транспортних потоків та високому рівні завантаження.

3.2 Дослідження зміни показників функціонального стану водіїв під час роботи за межами населеного пункту

Рух за межами населеного пункту характеризувався змінними умовами руху, оскільки досліджуваний маршрут проходить 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 погодних умовах, основними чинниками, які впливали на водія були криві в плані і 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 і наведені окремо. Зміна ІН та Ті водія залежно від радіусів кривих у плані при рівні завантаження $Z < 0,5$ наведені на рис. 3.7 – 3.8.

Аналізуючи результати видно, що рух автомобільними дорогами за межами населених пунктів здійснює значний вплив на рівень напруження водія, але лише на ділянках, де радіуси горизонтальних кривих є меншими 500 м, що часто є характерним для руху в гірській місцевості. Значення ІН більші, ніж 400 у.о. свідчать про стан вираженого навантаження на водія, а це негативно відображається на надійності його роботи.

Варто також зазначити, що вплив ТП на водія, в цьому випадку, є незначним, оскільки рівень завантаження не перевищував показника 0,5, а ділянки, якими проходив рух, відносяться до легких та ускладнених дорожніх умов.

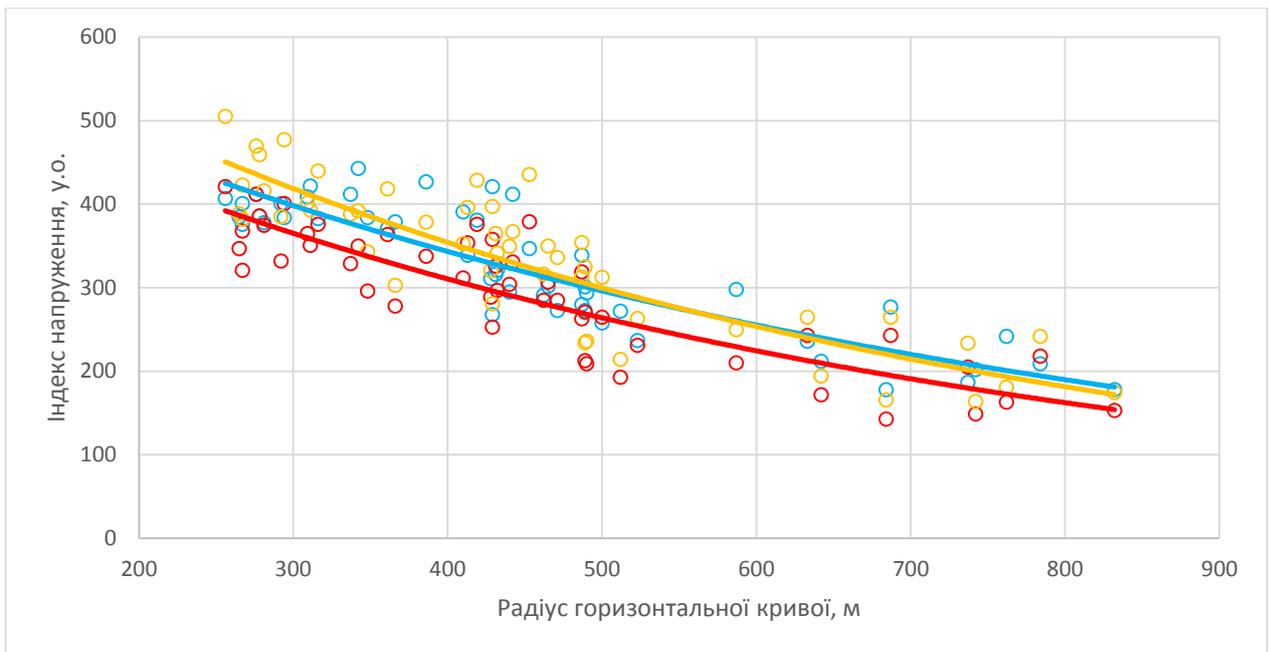


Рис. 3.7. Зміна ІН водіїв залежно від радіусу горизонтальних кривих за рівня завантаження $Z < 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

Результати досліджень показують, що водії з другої групи відчувають дещо менший рівень нервово-емоційної напруги при русі ділянками доріг із горизонтальними кривими малих радіусів, ніж водії інших двох груп.

Ті, як важливий показник, який характеризує рівень надійності роботи водіїв підтверджує попередні результати. Значення цього показника знижуються менше норми при русі кривими, радіус яких є меншими за 500 м. На ділянках, де дорожні умови значно ускладнюються, водії другої групи перебувають під найменшим психоемоційним навантаженням, а третьої – під найбільшим. Це пояснюється тим, що водії першої групи характеризуються активною нервовою системою, а їх дії, зазвичай, виважені та обережні і такі умови роботи для нього є нормальними, на відміну від іншого типу, якому підходять монотонні умови руху за мінімальної мінливості траси.

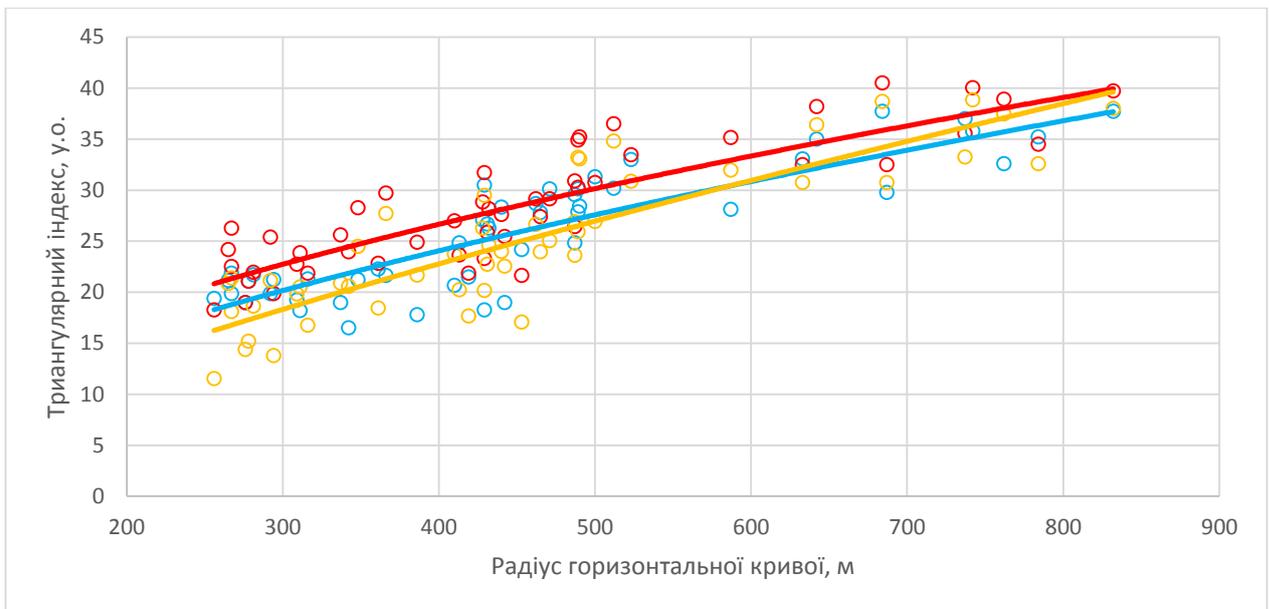


Рис. 3.8. Зміна T_i водіїв залежно від радіусу горизонтальних кривих за рівня завантаження $Z < 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

Іншою важливою характеристикою автомобільної дороги є поздовжній профіль. Під час руху, на напруженість роботи водія впливає складність завдань із передбачення дорожньої обстановки. Особливо це може бути помітним в умовах, коли кількість інформації про подальші умови руху є мінімальною – до таких ділянок слід віднести різкі підйоми із обмеженою видимістю. Крім того, значний вплив на показники ФС водія здійснюють вертикальні криві малих радіусів з високими значеннями поздовжнього ухилу. Враховуючи складність управління транспортним засобом та особливості вантажу, який перевозиться, ділянки підйомів та спусків повинні мати подібний вплив на психоемоційний стан водіїв.

Результати досліджень зміни показників ФС водіїв, які здійснюють перевезення небезпечного вантажу другого класу при русі автомобільною дорогою, залежно від величини поздовжнього ухилу за рівня її завантаження $Z < 0,5$ наведені на рис. 3.9 – 3.10.

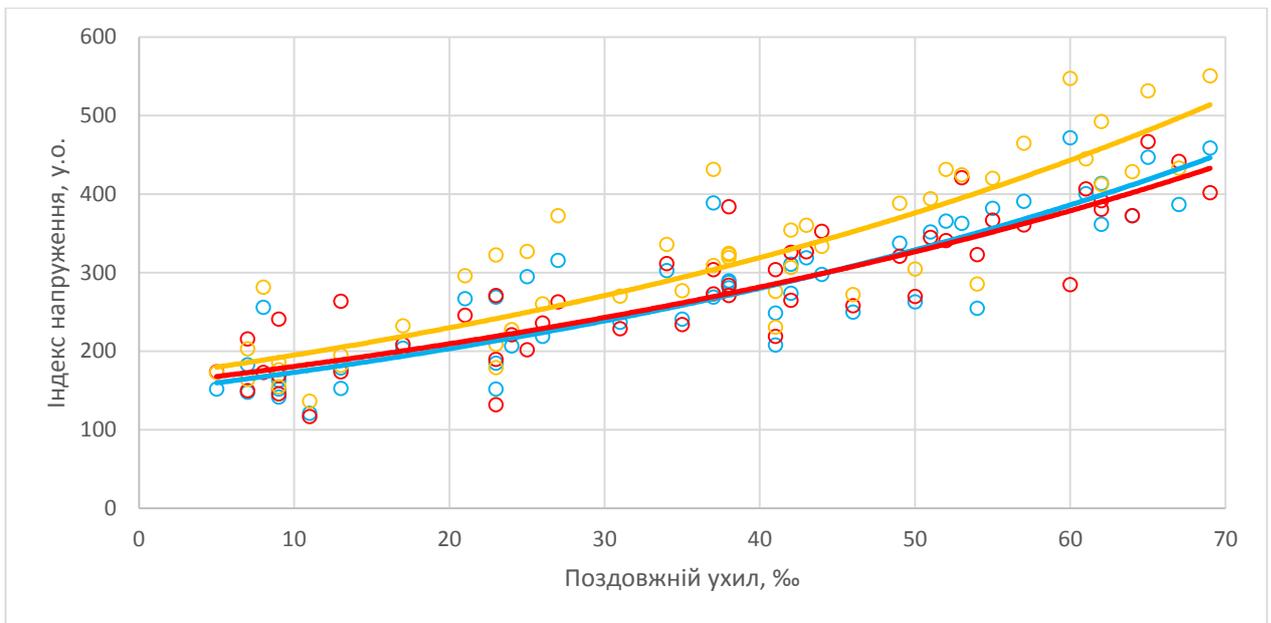


Рис. 3.9. Зміна ІН водіїв, залежно від величини поздовжнього ухилу за рівня завантаження $Z < 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

Відповідно до залежностей, описаних на рис. 3.9 – 3.10, спостерігається тенденція до підвищення рівня напруження водіїв на ділянках дороги, де поздовжні ухили є більшими за 30 %. В таких умовах, ІН зростає більш, ніж в два рази відносно норми до 300 у.о., а Ті знижується до позначки нижче 30 у.о. Варто відмітити, що водії першої та другої групи перебувають у меншій напрузі, ніж третьої, що свідчить про те, що рівень їхньої роботи є дещо надійнішим.

Більшість таких закономірностей пояснюються також тим, що водії, які відносяться до першої та другої групи володіють кращими професійними навичками керування транспортними засобами. В поєднанні із соціотипами, які відповідають стійким нервовим системам, це стає помітним відносно показників водіїв третьої групи.

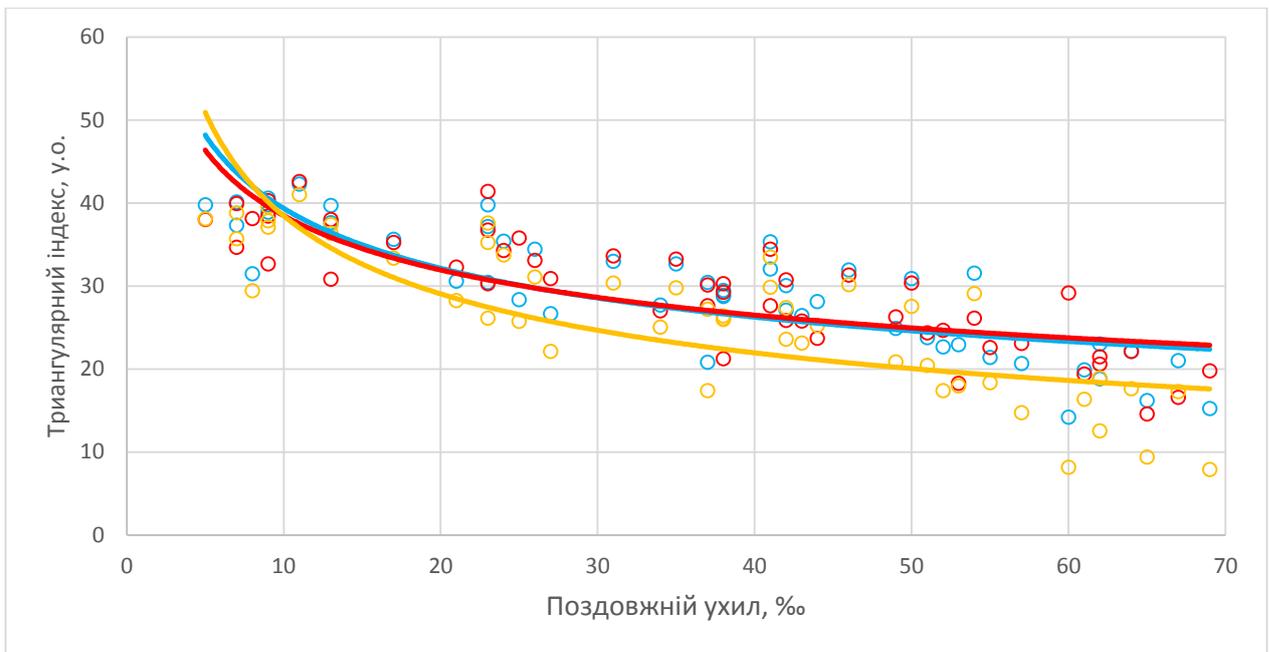


Рис. 3.10. Зміна T_i водіїв, залежно від величини поздовжнього ухилу за рівня завантаження $Z < 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

- - Група 1
- - Група 2
- - Група 3

При рівні завантаження $Z > 0,5$ ускладнені геометрією доріг умови руху кваліфікуються як складні. В цьому випадку, необхідно визначити рівень впливу показників автомобільної дороги на ФС водіїв, оскільки характер їх роботи може сильно змінюватись.

Варто також зазначити, що при високих значеннях рівня завантаження можуть спостерігатися великі групи транспортних засобів в попутному напрямку, що ускладнює виконання маневрів та прогнозування дорожньої обстановки.

Результати досліджень зміни показників ФС водіїв, які транспортують небезпечний вантаж 2-го класу від радіусу горизонтальних кривих наведені на рис. 3.11 – 3.12.

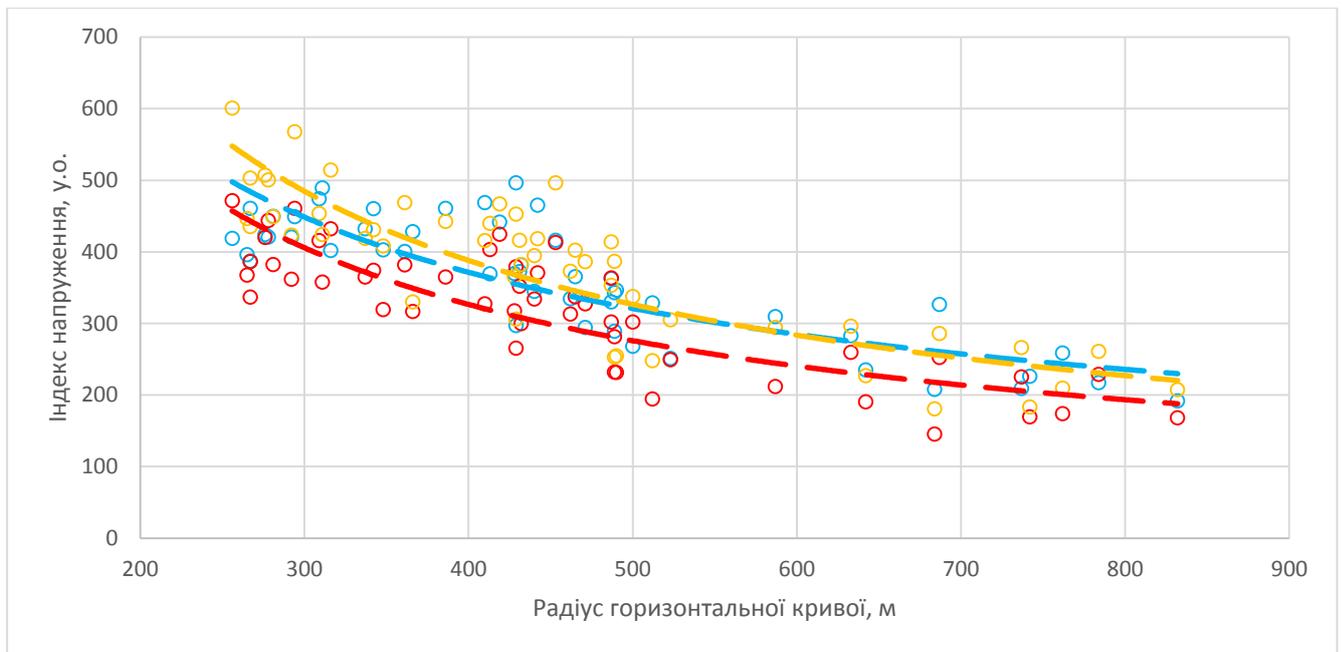


Рис. 3.11. Зміна ІН водіїв, залежно від величини горизонтальних кривих за рівня завантаження $Z > 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

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

Як видно з рис. 3.11, за рівня завантаження більше 0,5 ІН водіїв є значно вищим, при чому, динаміка його зміни є більш різкою 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 досліджуваної групи. Це пояснюється кращим сприйняття таких умов руху водіями певних соціотипів.

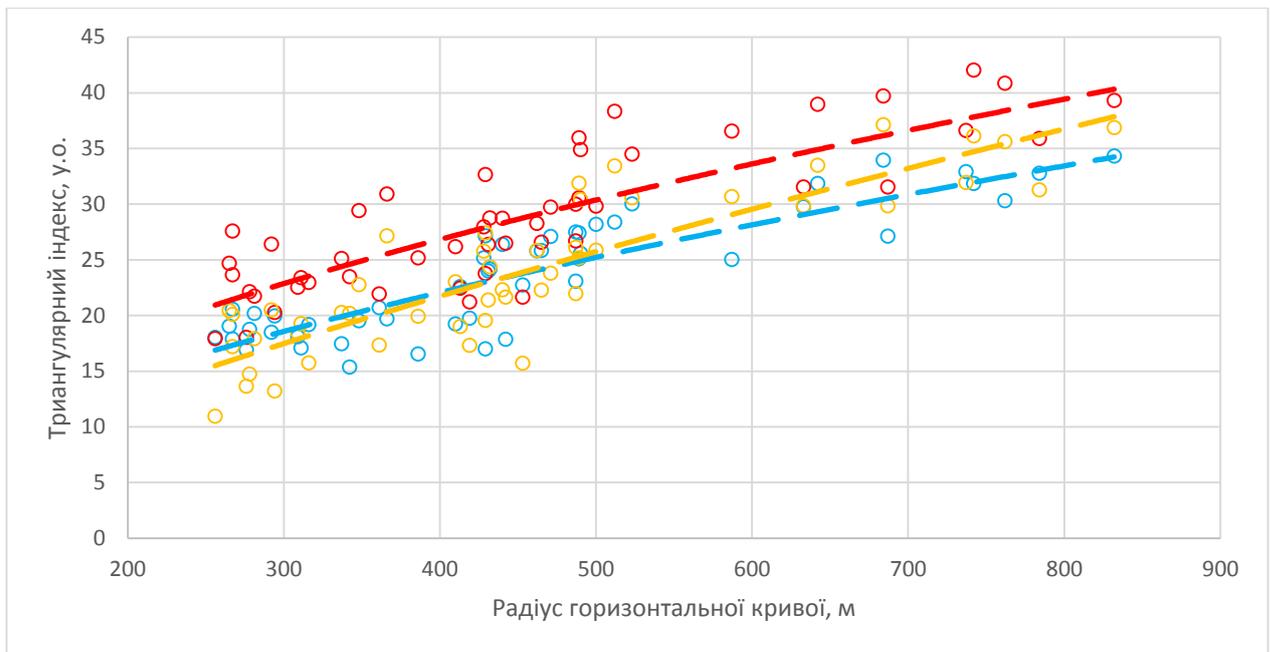


Рис. 3.12. Зміна T_i водіїв, залежно від величини горизонтальних кривих за рівня завантаження $Z > 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

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

Залежність зміни T_i від величини радіусу горизонтальних кривих підтверджує попередні отримані результати. Як в першому так і в другому випадках різка зміна показників ΦC водіїв усіх типів спостерігається, коли вздовж маршруту з'являються повороти радіусами 400-500 м. Це пояснюється тим, що при такому рівні завантаження на цих ділянках спостерігається перехід від ускладнених дорожніх умов до складних. Отримані результати свідчать, що надійність роботи водіїв в різних дорожніх умовах залежить від їх складності, а також частково від соціотипу цих водіїв, оскільки помітно, що від цієї особливості залежить міра впливу умов навколишнього середовища на водія.

Аналогічно до попередніх досліджень, визначено зміну показників ΦC водіїв різних соціотипів, залежно від величини поздовжнього ухилу автомобільної дороги. Відповідно до типології дорожніх умов, наведеної в другому розділі, при

рівні завантаження більшому за 0,5 варто звертати увагу на ділянки із ухилами більше 30 %, оскільки умови руху в таких випадках відносяться до складних.

Залежності зміни ІН та Ті водії при русі вертикальними кривими наведені на рис. 3.13-3.14.

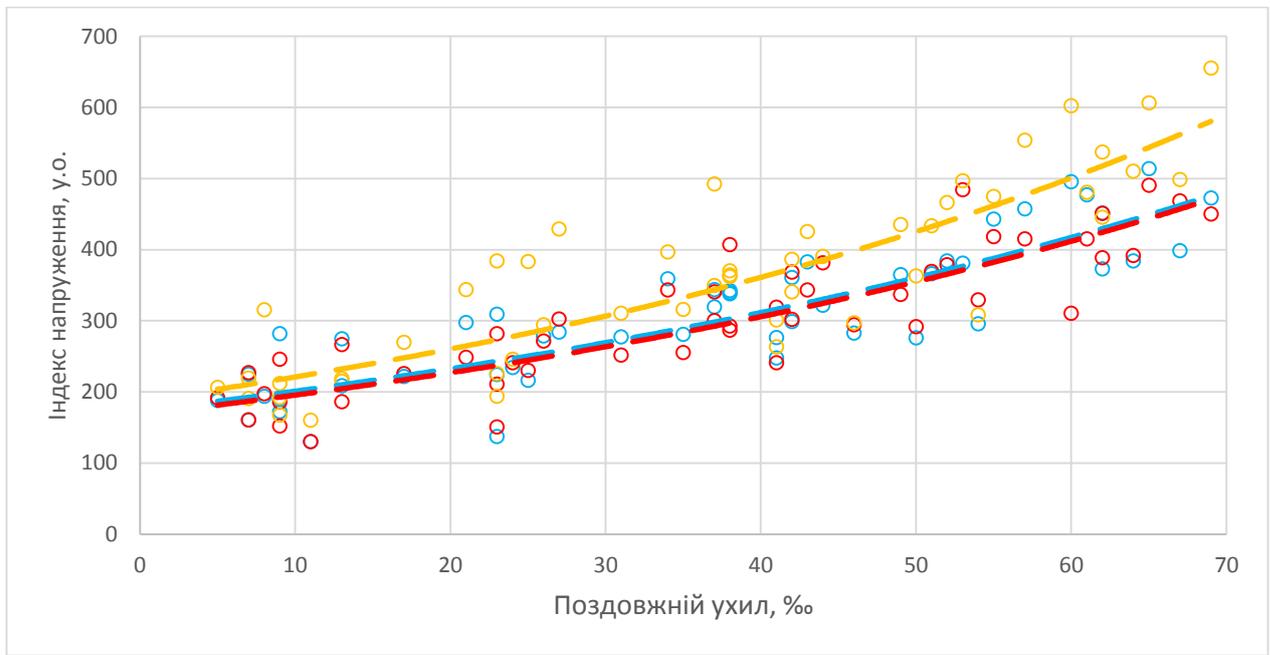


Рис. 3.13. Зміна ІН водіїв, залежно від величини поздовжнього ухилу за рівня завантаження $Z > 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

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

Результати досліджень свідчать про те, що при настанні складних дорожніх умов ІН водіїв третьої групи при русі вертикальними кривими з ухилом більшим за 30 %, зростає до значень, більших за 300 у.о., що свідчить про настання стану перенапруги та постійне зниження надійності його роботи. Інші два типи водіїв реагують на умови руху майже однаково, а стан їхньої вираженої напруги спостерігається при ухилах, більших за 40 %.

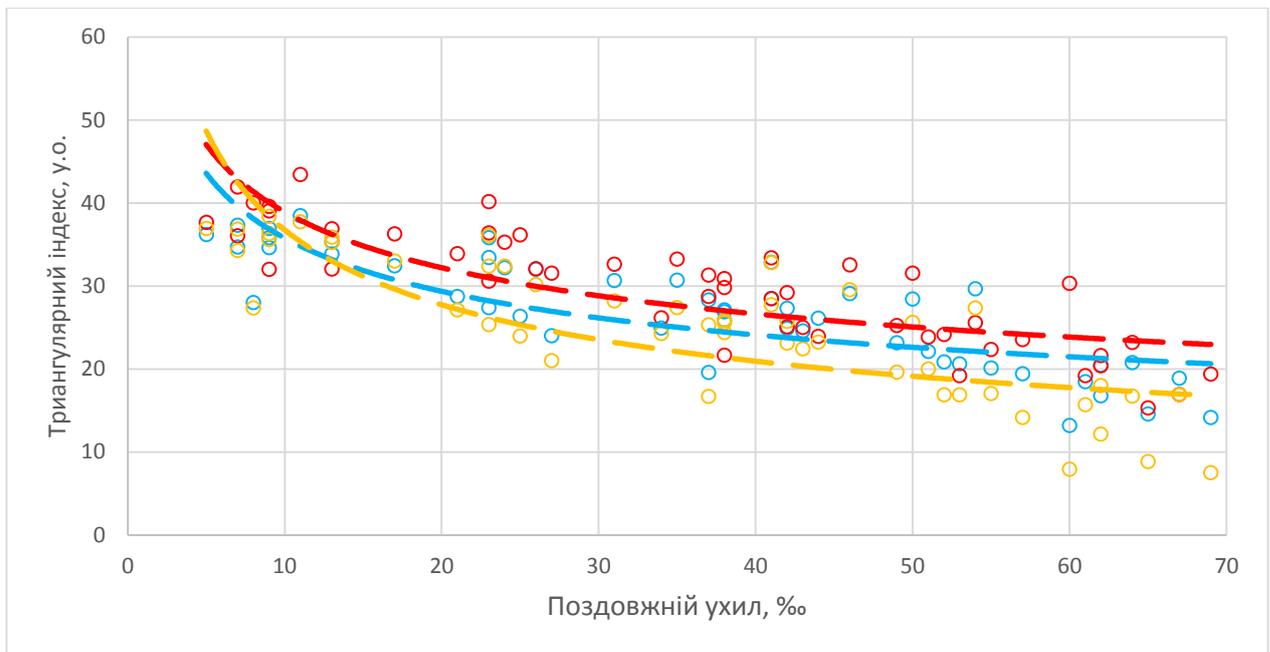


Рис. 3.14. Зміна T_i водіїв, залежно від величини поздовжнього ухилу за рівня завантаження $Z > 0,5$ при транспортуванні небезпечного вантажу автомобільною дорогою, для досліджуваних груп:

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

Отримані значення T_i також підтверджують цю тенденцію, тому варто вважати, що така характеристика дорожніх умов як наявність кривих в профілі, в поєднанні із значними поздовжніми ухилами, негативно впливає на ФС водіїв. Це зумовлено тим, що під час руху в цих умовах вони перебувають у стані вираженої напруги та перенапруги.

Результати досліджень також свідчать про те, що ТП суттєво впливає на характер нервово-емоційного напруження водіїв, що добре корелює з типологією дорожніх умов. Крім того, визначено, що ФС водіїв третьої групи погіршується значно динамічніше, ніж у інших двох. Це пояснюється динамікою середовища, в якому вони знаходяться, оскільки оптимальний ФС такого типу водіїв ймовірно спостерігатиметься на ділянках доріг, де характер руху є більш спокійним та монотонним.

3.3 Дослідження впливу технологічного процесу перевезень на функціональний стан водіїв

В процесі час натурних досліджень, які проводились під час перевезення небезпечних вантажів зафіксовано зміну ПАРС водіїв протягом робочого дня. Такі результати дають можливість оцінити вплив не лише ділянок маршруту з характерними умовами але й елементів технологічного процесу перевезення небезпечних вантажів на ФС водіїв. Дослідження проводились для трьох груп водіїв окремо на міському та позаміському маршрутах. Результати наведені на рис. 3.15 – 3.16.

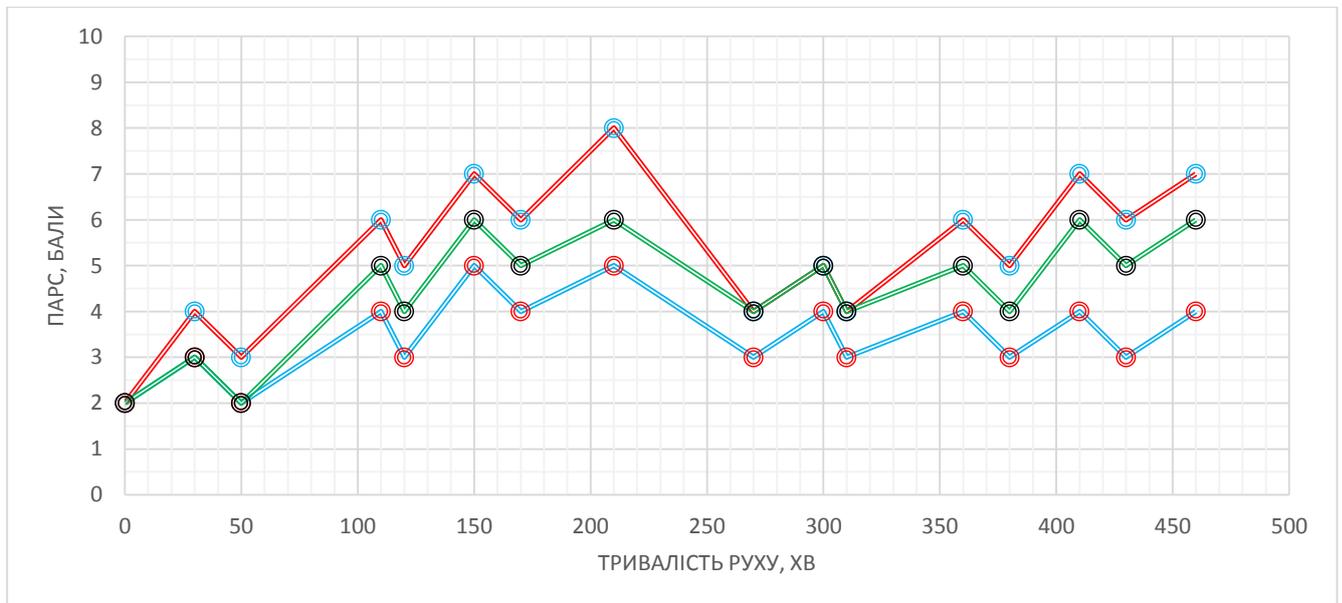


Рис. 3.15. Зміна ПАРС водіїв протягом робочого дня при русі в межах населеного пункту, для досліджуваних груп:

- ==== - Група 1
- ==== - Група 2
- ==== - Група 3

Результати дослідів вказують на те, що різні технологічні операції інакше впливають на загальний ФС водіїв. Під час руху між вантажними пунктами ПАРС зростає, при чому, динаміка цієї зміни залежить від особливостей водіїв та

дорожніх умов. Найбільший вплив часу перебування за кермом і умов руху спостерігається у водіїв третьої групи – в цьому випадку рівень ПАРС досягає критичних значень (7 – 8 балів). У водіїв першої групи він не перевищує п'яти балів. Під час розвантаження та обідньої перерви цей показник знижується пропорційно до тривалості цих операцій.

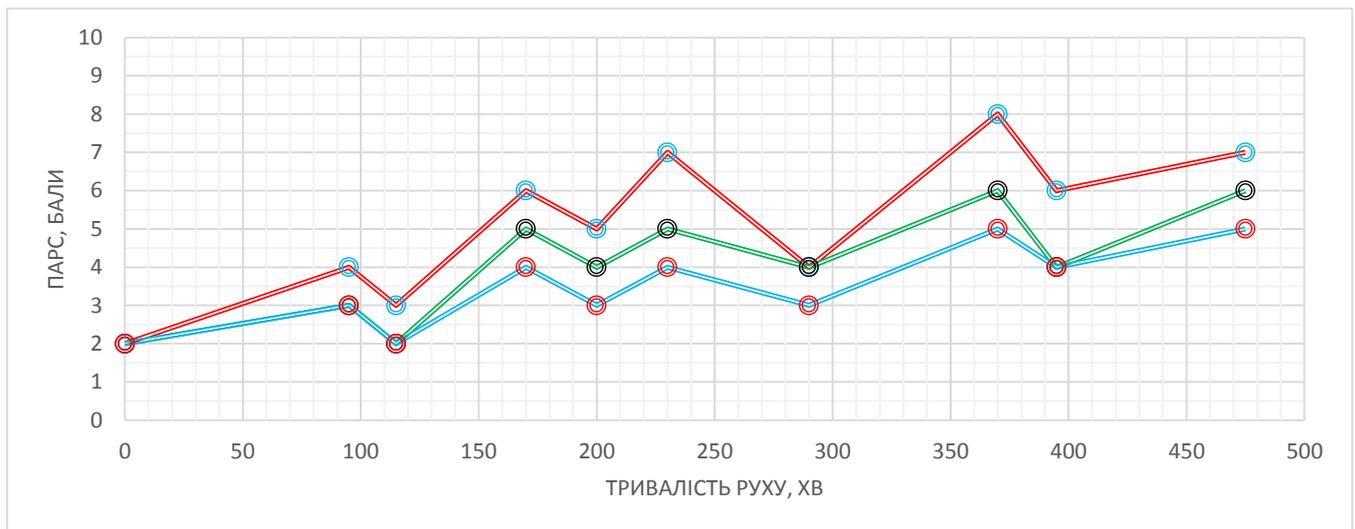


Рис. 3.16. Зміна ПАРС водіїв протягом робочого дня при русі за межами населеного пункту водіїв, для досліджуваних груп:

- ==== - Група 1
- ==== - Група 2
- ==== - Група 3

Позаміські маршрути характеризуються більшими відстанями між вантажними пунктами, що зумовлює зміну ФС водіїв не лише від часу руху, але і дорожніх умов. Варто зазначити, що динаміка зростання ПАРС при русі автомобільними дорогами є значно меншою, проте вона залежить від умов руху та особливостей водіїв. Так як і в першому випадку, оптимальний рівень ФС водіїв спостерігається в першій групі, найгірший – в третій. Це зумовлено як професійними якостями водіїв так і особливостями їх психіки.

3.4 Дослідження впливу дорожніх умов на технологічний процес перевезень небезпечних вантажів

В розділі 2 наводився перелік техніко-експлуатаційних показників вантажних перевезень серед яких найбільш чутливим до умов руху є технічна швидкість, оскільки вона відображає темп руху на маршруті та враховує затримки, які виникають в процесі транспортування вантажів. Під час проведення досліджень фіксувалась тривалість проїзду від одного пункту розвантаження в інший, який потім використовувався для визначення технічної швидкості. Рівень завантаження розраховувався згідно методики, наведеної в розділі 2.

Фіксація цих показників дозволила оцінити вплив рівня завантаження, як найбільш впливового показника режиму руху на швидкісні характеристики роботи транспортного засобу на маршруті. Результати подано у вигляді графічних (рис. 3.17-3.18) та аналітичних залежностей (формула 3.1 – 3.2).

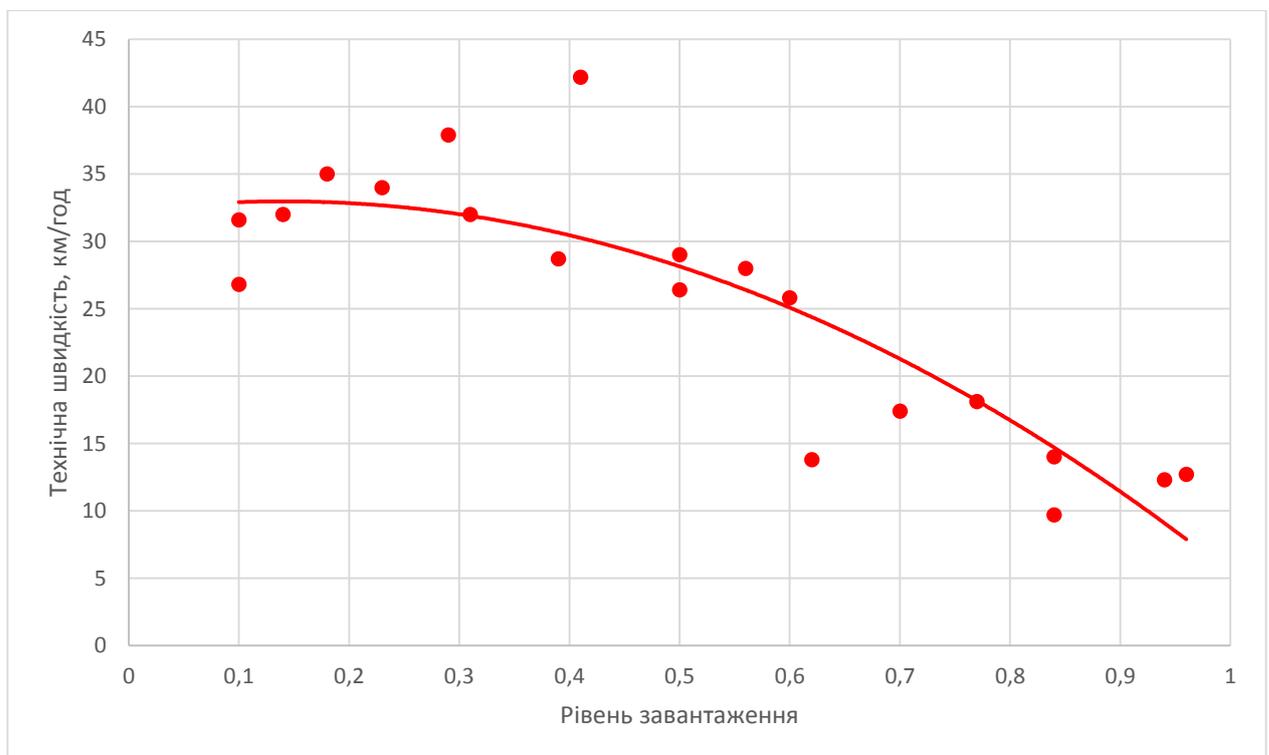


Рис. 3.17. Зміна технічної швидкості ТЗ під час перевезення небезпечного вантажу в межах населеного пункту залежно від рівня завантаження ВДМ

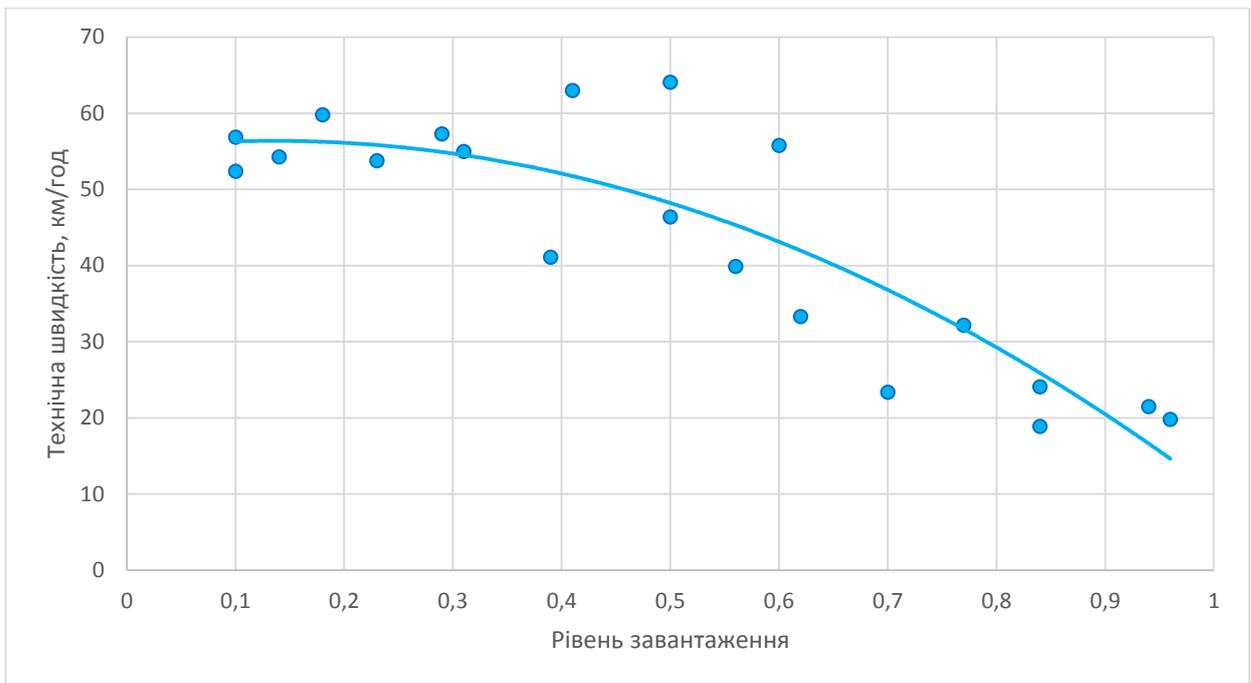


Рис. 3.18. Зміна технічної швидкості ТЗ під час перевезення небезпечного вантажу за межами населеного пункту залежно від рівня завантаження автомобільної дороги

Зміну технічної швидкості в межах населеного пункту можна описати таким чином:

$$V_m = -37,332 \cdot Z^2 + 10,471 \cdot Z + 32,245 \quad (3.1)$$

Зміну технічної швидкості за межами населеного пункту можна описати за допомогою такого рівняння:

$$V_m = -61,415 \cdot Z^2 + 16,356 \cdot Z + 55,245 \quad (3.2)$$

Результати визначення адекватності аналітичної залежності зміни технічної швидкості від рівня завантаження (табл. 3.1) наведені для обох випадків та вказують на можливість її застосування в подальшому. Розрахунок проведений у програмному середовищі Statistica, критерії оцінки адекватності залежностей описані у п. 2.5.1.

Таблиця 3.1

Результати оцінки адекватності аналітичної залежності зміни технічної швидкості руху від рівня завантаження

Залежність	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації	Середня похибка апроксимації, %
В межах населеного пункту	0,88	0,78	7,9
За межами населеного пункту	0,85	0,72	7,5

Коефіцієнт детермінації R^2 для першого випадку (формула 3.1) становить 0,78, а для другого (формула 3.2) – 0,72. Це свідчить про наявність емпіричної залежності між показниками. Такі результати досліджень підтверджують суттєвий вплив дорожніх умов на режим руху ТЗ на маршруті. Також варто зазначити, що швидкісний показник, який характеризує рух автомобільними дорогами, перебуває на вищому рівні. Це пояснюється меншою кількістю світлофорних об'єктів на автомобільних дорогах та вищою дозволеною швидкістю руху.

3.5 Аналіз проведених досліджень

Провівши статистичний аналіз даних, отриманих в результаті натурних досліджень, можна стверджувати, що надійність роботи водіїв, виражена показниками їх ФС, змінюється залежно від складності дорожніх умов. Крім цього, встановлено, що водії, які відносяться до різних соціотипів, реагують інакше на умови зовнішнього середовища. Результати аналізу досліджень роботи водіїв, які перевозили небезпечний вантаж наведено в табл. 3.2 – 3.3. Результати представлені та прокласифіковані за такими ознаками як мінімальне та максимальне значення вибірки, а також загальне середнє значення усієї вибірки.

Таблиця 3.2

Зведені значення ІН водіїв, які перевозили небезпечний вантаж другого класу в межах населеного пункту

Рівень завантаження	Група водіїв	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середній показник
$Z < 0,5$	1	170	270	210
	2	171	280	218
	3	192	322	248
$Z > 0,5$	1	273	317	290
	2	267	319	296
	3	312	365	337

На основі отриманих даних встановлено, що водії працюють із ознаками мінімального психоемоційного навантаження при русі ділянками ВДМ, рівень завантаження яких не перевищує 0,5. В іншому випадку спостерігається помірний рівень напруги водіїв, але при цьому, ІН не перевищує 370 у.о. Максимальні значення цього показника спостерігаються у водіїв третьої групи, а мінімальні – першої, хоча ці значення в значній мірі не відрізняються від показників ФС водіїв другої групи.

В межах населеного пункту показники транспортних потоків відіграють провідну роль у формуванні дорожніх умов. Визначення меж цих показників, за яких ФС водіїв є незадовільним є однією із задач досліджень, на основі яких базуються наступні кроки для вирішення певних задач усієї роботи.

Для того, щоб оцінити взаємний вплив статичного показника ТП (його щільності) та динамічного (інтенсивності руху) побудовано зведений графік зміни ІН водіїв залежно від них (рис. 3.15). Варто зазначити, що для цієї графічної інтерпретації результатів бралось середнє значення ІН водіїв всіх соціотипів.

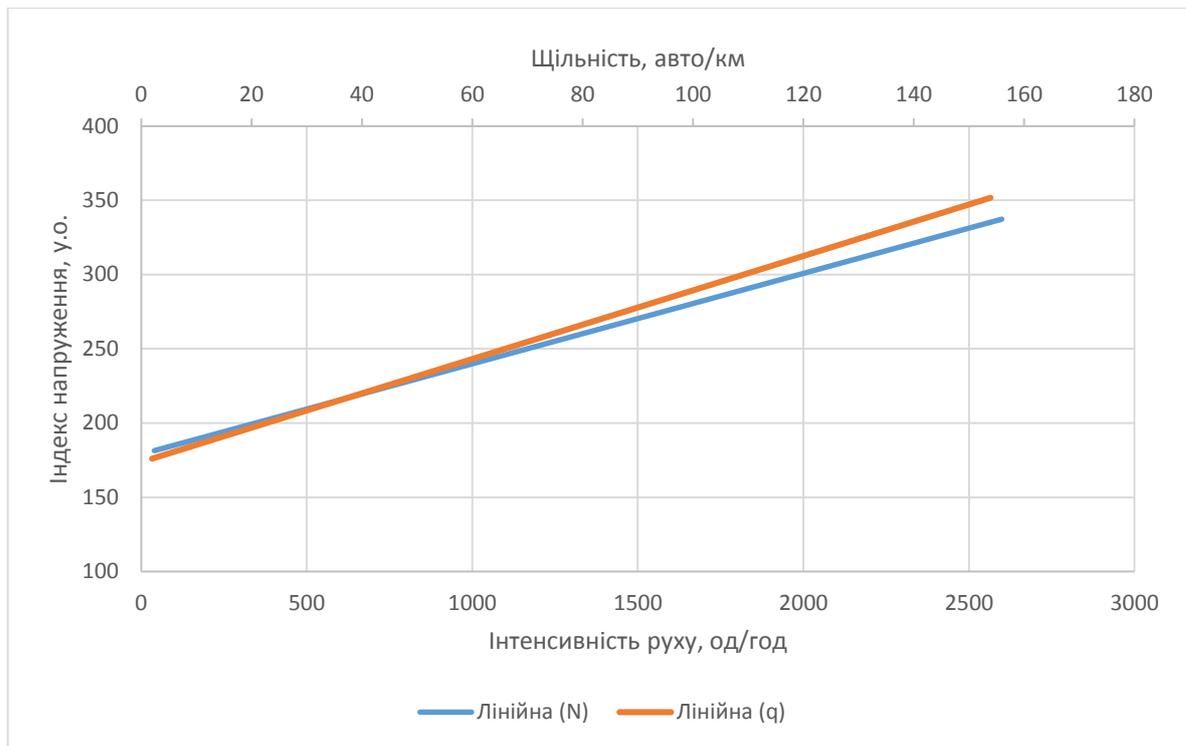


Рис. 3.19. Зведений графік зміни ІН водіїв, які здійснюють перевезення небезпечного вантажу другого класу в межах населеного пункту від інтенсивності (N) та щільності (q) руху

Виходячи з отриманих результатів, можна стверджувати, що щільність транспортного потоку має дещо більший вплив на надійність роботи водіїв. Це спостерігається при її значеннях, більших від 110 авто/км, що відповідає насиченому руху по багатосмуговій проїзній частині. Саме в цей момент водії перебувають у стані надмірної напруги, що впливає на якість їхньої роботи.

Важливим є те, що такий стан спостерігається за інтенсивності руху, вищій від 2000 од/год, що відповідає схожим умовам руху. Варто також зазначити, що такі значення інтенсивності та щільності транспортних потоків спостерігаються саме за рівнів завантаження $z > 0,5$.

Як висновок, можна стверджувати, що зміна показників транспортних потоків вздовж маршруту руху може визначати складність технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів в плані напруженості роботи водіїв.

Дані, отримані під час досліджень ФС водіїв, які перевозили вантаж другого класу небезпеки при русі автомобільною дорогою вказують на те, що її геометричні параметри є суттєвим чинником впливу. Крім цього, виявлено, що такий показник ТП, як рівень завантаження підсилює вплив вище перелічених дорожніх умов. Опрацьовані результати наведені в табл. 3.3 – 3.4. Для кращої ілюстрації результатів, геометричні параметри дороги розділені на дві групи.

Таблиця 3.3

Зведені значення ІН водіїв, які перевозили небезпечний вантаж автомобільною дорогою із рівнем завантаження менше 0,5

Група геом. параметрів дороги	Група водіїв	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середній показник
Група 1 $i < 30 \text{ ‰}$ $R > 500 \text{ м}$	1	165	270	202
	2	164	220	192
	3	174	255	208
Група 2 $i > 30 \text{ ‰}$ $R < 500 \text{ м}$	1	270	433	351
	2	268	412	336
	3	276	528	383
Група 3 $i < 30 \text{ ‰}$ $R < 500 \text{ м}$	1	205	295	262
	2	199	274	239
	3	223	355	287
Група 4 $i > 30 \text{ ‰}$ $R > 500 \text{ м}$	1	259	401	310
	2	254	351	304
	3	276	400	339

Таблиця 3.4

Зведені значення ІН водіїв, які перевозили небезпечний вантаж автомобільною дорогою із рівнем завантаження більше 0,5

Група геом. параметрів дороги	Група водіїв	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середній показник
Група 5 $i < 30 \text{ ‰}$ $R > 500 \text{ м}$	1	183	313	233
	2	160	239	204
	3	186	296	237
Група 6 $i > 30 \text{ ‰}$ $R < 500 \text{ м}$	1	287	488	391
	2	279	461	365
	3	304	561	434
Група 7 $i < 30 \text{ ‰}$ $R < 500 \text{ м}$	1	203	304	280
	2	221	315	266
	3	240	408	325
Група 8 $i > 30 \text{ ‰}$ $R > 500 \text{ м}$	1	287	426	357
	2	279	397	330
	3	304	427	385

Як видно з отриманих результатів найбільший вплив на ФС водіїв здійснюють умови, при яких значення поздовжніх ухилів менші 30‰, в цей же час радіуси горизонтальних кривих є меншими за 500 м, а рівень завантажує перевищує 0,5. Сформовані групи дорожніх умов так само можна порівняти між собою за середніми показниками ІН водіїв усіх груп. Порівняльна діаграма груп дорожніх умов зображена на рис. 3.20.

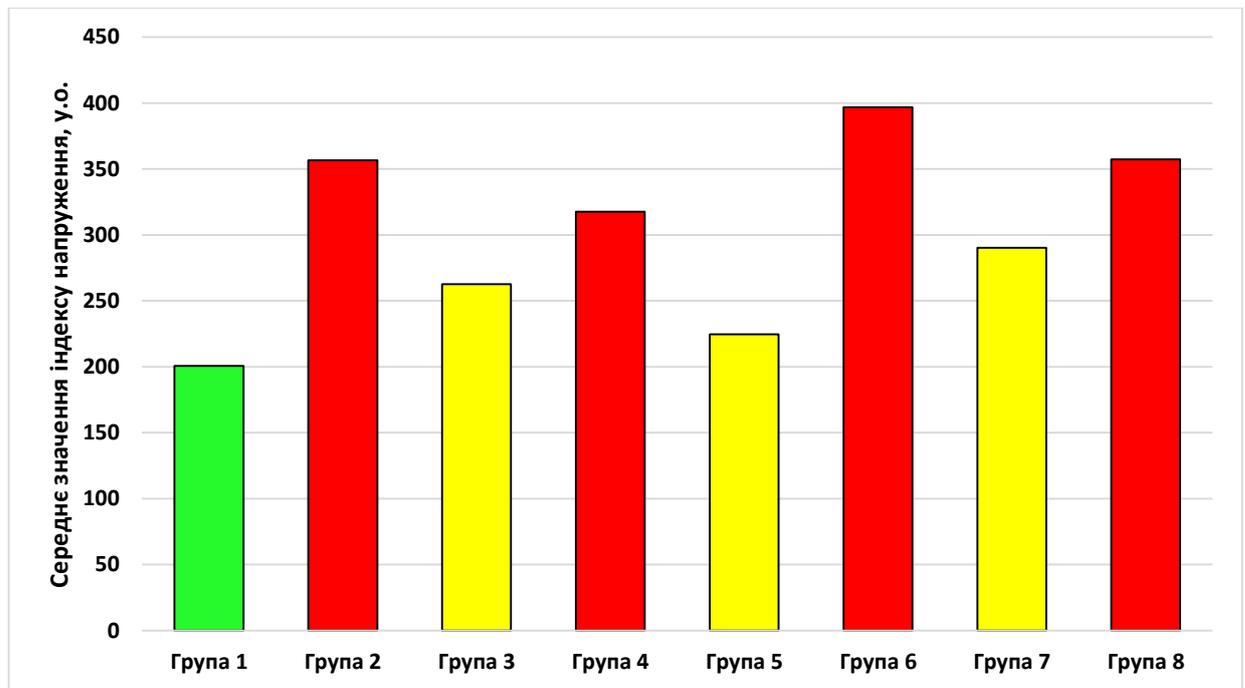


Рис. 3.20. Порівняльна діаграма груп дорожніх умов за їх впливом на ФС водіїв

Аналізуючи отримані результати можна стверджувати, що оптимальний рівень напруги в роботі водіїв всіх груп спостерігається під час руху в дорожніх умовах першої групи (які відповідають легким умовам згідно з ДБН). Найнебезпечнішою групою дорожніх умов є група 8, де спостерігаються високі значення ІН та найбільша ймовірність здійснити водієм помилку в керуванні транспортним засобом. Варто зазначити, що такі умови відносяться до небезпечних згідно нормативної типології.

3.6 Висновки до розділу

1. Проведено натурні дослідження щодо встановлення зміни ФС водіїв, які перевозили небезпечні вантажі у різних дорожніх умовах.

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

3. Встановлено, що при русі автомобільними дорогами, параметри ділянок горизонтальних і вертикальних кривих суттєво впливають на напруженість роботи водіїв, в різній мірі для інакших груп, проте, при перебуванні в ускладнених та небезпечних дорожніх умовах ІН та Ті усіх водіїв свідчить про стан їхньої надмірної напруги, що неодмінно ускладнює їх характер роботи в цілому.

4. Рівень завантаження ділянок автомобільних доріг за тих самих геометричних їх параметрів по різному впливає на ФС водіїв, при чому надмірно високі значення ІН спостерігаються на ділянках, де рівень завантаження є більшим від 0,5, значення поздовжніх ухилів переважають 30 %, а радіуси кривих у плані є меншими за 500 м.

5. Визначено вплив елементів технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів на зміну ФС водіїв протягом робочого дня. Виявлено, що вплив таких технологічних операцій як рух по маршруту і навантажувально-розвантажувальні роботи є чутливим до їх тривалості та умов в яких вони здійснюються.

6. Встановлено зміну технічної швидкості руху транспортних засобів від рівня завантаження. Залежно від того, чи проходить маршрут населеним пунктом чи за його межами, технічна швидкість суттєво відрізняється, проте тенденції до її зміни за різних рівнів завантаження зберігаються.

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

РОЗДІЛ 4. ВРАХУВАННЯ ФАКТОРА ЛЮДИНИ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

4.1 Закономірності зміни функціонального стану водія від властивостей маршруту руху

4.1.1 Модель зміни ПАРС водіїв під час руху в межах населеного пункту

Аналізуючи попередні праці, які стосуються визначення ролі фактора людини в процесі руху, варто зауважити, що на тривалому проміжку часу такі показники ФС водія як T_i та I_n є часто змінними. Вони показують рівень психоемоційного напруження водіїв за конкретних умов руху. Для визначення зміни ФС водіїв протягом роботи на маршруті варто застосовувати ПАРС як комплексну оцінку їх ФС. На основі аналізу проведених досліджень побудовано залежність зміни ПАРС водіїв, здійснюють перевезення небезпечних вантажів другого класу в міських умовах руху із урахуванням складності маршруту перевезення і тривалості роботи (формула 4.1).

$$PARS = a \cdot T + b \cdot n_c + c \cdot Z + PARS_0 \quad (4.1)$$

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.

Коефіцієнти в рівнянні відображають вагу чинників, які відповідають за складність маршруту: кількість перехресть в одному рівні з магістральними вулицями, рівень завантаження ділянок ВДМ та тривалість руху. Варто зазначити, що значення коефіцієнтів для водіїв різних груп є іншими. Значення цих коефіцієнтів наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Значення коефіцієнтів, які відображають вплив умов руху в межах населеного пункту на ПАРС водіїв різних груп

Група водіїв	a	b	c
1	0,01	0,016	2,3
2	0,015	0,018	2,42
3	0,0168	0,03	3,34

Оцінка значущості коефіцієнтів математичної моделі (табл. 4.2) проводилась згідно методики, наведеної у п. 2.5.1.

Таблиця 4.2

Результати оцінки значущості коефіцієнтів математичної моделі зміни ПАРС при русі в межах населеного пункту

Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Ст'юдента		Довірчий інтервал	
		Табличний	Розрахунковий	Нижній	Верхній
a	0,00568	1,860	2,36	0,0105	0,0195
b	0,01831	1,860	2,59	0,0159	0,0252
c	0,01955	1,860	2,06	2,338	4,373

Адекватність отриманої математичної моделі (табл. 4.3) оцінена за допомогою коефіцієнта множинної кореляції та стандартної похибки апроксимації.

Таблиця 4.3

Результати оцінки адекватності математичної моделі зміни ПАРС при русі в межах населеного пункту

Показник	Множинний коефіцієнт кореляції	Множинний коефіцієнт детермінації	Середня похибка апроксимації, %
Значення	0,78	0,67	7,9

Результати розрахунків вказують на те що параметри статистичної значимості моделі та її коефіцієнтів є задовільними, а, отже вона може використовуватись для визначення ПАРС водіїв при русі в межах населеного пункту з врахуванням рівня завантаження та кількості перехресть з магістральними вулицями.

Відповідно до рівняння (4.1) можна визначити гранично допустиму тривалість руху водіїв в населеному пункті при перевезенні небезпечного вантажу за умови їх надійної роботи.

$$T = \frac{b \cdot n_c + c \cdot Z + PARS_0 - 5}{a} \quad (4.2)$$

де 5 – максимальне значення ПАРС, яке відповідає нормальному ФС водія.

Варто зазначити, що ця залежність має свої обмеження, так як початкове значення ПАРС повинне перебувати в межах 1-4 бали, рівень завантаження знаходиться в межах $0 > Z > 1$, а кількість перехресть із магістральними вулицями визначається конфігурацією маршруту перевезення.

4.1.2 Модель зміни ПАРС водіїв під час руху за межами населеного пункту

Рух автомобільними дорогами має іншу специфіку, ніж у міських умовах, тому, при визначенні ФС водіїв варто брати до уваги геометричні параметри траси, які, відповідно до результатів досліджень в третьому розділі цієї роботи, суттєво впливають на показники ФС водіїв. Для його оцінки на тривалому проміжку часу, аналогічно до попереднього випадку, за основний показник обрано ПАРС. На основі проведеного аналізу, було побудовано математичну модель визначення ПАРС водіїв, враховуючи тривалість руху, кількість горизонтальних кривих із радіусами меншими за 500 м та поздовжніх ухилів, значення яких перевищує 35 %. Отримана закономірність наведена у вигляді формули 4.3.

$$PARS = a \cdot T + b \cdot nR + c \cdot ni + PARS_0 \quad (4.3)$$

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

Коефіцієнти a , b та c відповідають за міру впливу того чи іншого чинника на ПАРС водіїв. Також особливістю цієї моделі є те, що значення цих коефіцієнтів відрізняються не лише для водіїв різних груп, але й за різних рівнів завантаження ($Z < 0,5$ та $Z > 0,5$ відповідно). Значення цих коефіцієнтів наведені в табличній формі (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Значення коефіцієнтів, які відображають вплив умов руху за межами населеного пункту на ПАРС водіїв різних груп

Група водіїв	a	b	c	a	b	c
	$Z < 0,5$			$Z > 0,5$		
1	0,0057	0,0427	0,0865	0,0066	0,0491	0,0995
2	0,0053	0,0511	0,0776	0,0061	0,0588	0,0892
3	0,0078	0,0751	0,0945	0,0090	0,0864	0,1087

Оцінка значущості коефіцієнтів цієї наведена в наступній таблиці.

Таблиця 4.5

Результати оцінки значущості коефіцієнтів математичної моделі зміни ПАРС при русі за межами населеного пункту

Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Ст'юдента		Довірчий інтервал	
		Табличний	Розрахунковий	Нижній	Верхній
a	0,00048	1,860	2,12	0,0057	0,0086
b	0,00876	1,860	1,94	0,0474	0,0752
c	0,01133	1,860	2,26	0,0581	0,1079

Адекватність отриманої математичної моделі (табл. 4.6) оцінена за допомогою коефіцієнта множинної кореляції та стандартної похибки апроксимації. Отримані результати можуть підтвердити або спростувати гіпотезу про залежність між досліджуваними величинами із застосуванням емпіричних коефіцієнтів.

Таблиця 4.6

Результати оцінки адекватності математичної моделі зміни ПАРС при русі в
межах населеного пункту

Показник	Множинний коефіцієнт кореляції	Множинний коефіцієнт детермінації	Середня похибка апроксимації, %
Значення	0,72	0,61	9,7

За результатами розрахунків основних статистичних показників у регресійних рівняннях вказують на те, що отримана математична модель може бути застосована надалі та усі її коефіцієнти є статистично значимі.

Отримані коефіцієнти надають змогу оцінити складність маршруту перевезення небезпечних вантажів із врахуванням не лише геометричних характеристик автомобільної дороги, але й психічних та професійних особливостей водіїв, від яких також залежить їхній ФС. Максимально можливу тривалість роботи водіїв при перевезенні небезпечних вантажів із врахуванням допустимого рівня ФС можна виразити за допомогою такої формули (4.4).

$$T = \frac{b \cdot n_i + c \cdot nR + PARS_0 - 5}{a} \quad (4.4)$$

Отримані закономірності (формули 4.1 – 4.4) необхідно використовувати при плануванні перевезень небезпечних вантажів окремо для населених пунктів та за їх межами, оскільки особливості роботи водіїв в цих умовах відрізняються між собою. За наявних технічних можливостей щодо обліку дорожнього руху, а також визначення геометричних параметрів автомобільних доріг, проблема безпеки перевезень небезпечних вантажів вирішується прогнозуванням ФС водіїв, що дозволяє визначати умови праці водіїв в майбутні моменти часу.

4.2 Вдосконалення методики визначення ризиків в технологічному процесі перевезення небезпечних вантажів

На основі значень, отриманих під час натурних досліджень, визначено типи законів розподілу ІН водіїв за різних рівнів завантаження та складності дорожніх умов.

Проаналізувавши вибірку в 200 спостережень отримано значення емпіричного та теоретичного розподілів ІН при заданих дорожніх умовах. Отримані числові значення наведено на рис.4.1.

Variable: IH (Норм закон), Distribution: Normal (z-IH) Chi-Square = 3,63613, df = 6, p = 0,72578									
Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 168,55556	16	16	8,00000	8,0000	15,52429	15,5243	7,76215	7,7621	0,47571
173,11111	17	33	8,50000	16,5000	18,49647	34,0208	9,24824	17,0104	-1,49647
177,66667	26	59	13,00000	29,5000	28,65780	62,6786	14,32890	31,3393	-2,65780
182,22222	43	102	21,50000	51,0000	35,82493	98,5035	17,91247	49,2517	7,17507
186,77778	29	131	14,50000	65,5000	36,13473	134,6382	18,06736	67,3191	-7,13473
191,33333	32	163	16,00000	81,5000	29,40773	164,0460	14,70386	82,0230	2,59227
195,88889	21	184	10,50000	92,0000	19,31024	183,3562	9,65512	91,6781	1,68976
200,44444	10	194	5,00000	97,0000	10,23029	193,5865	5,11514	96,7932	-0,23029
< Infinity	6	200	3,00000	100,0000	6,41352	200,0000	3,20676	100,0000	-0,41352

Рис. 4.1. Числові значення емпіричного та теоретичного розподілів ІН водіїв при рівні завантаження «А»

Статистичний аналіз показує, що рівень розбіжностей між значеннями не є критичним, що підтверджується частотними та кумулятивними значеннями. Числові дані з рис. 4.1 наведені на рис. 4.2 у вигляді гістограми розподілу.

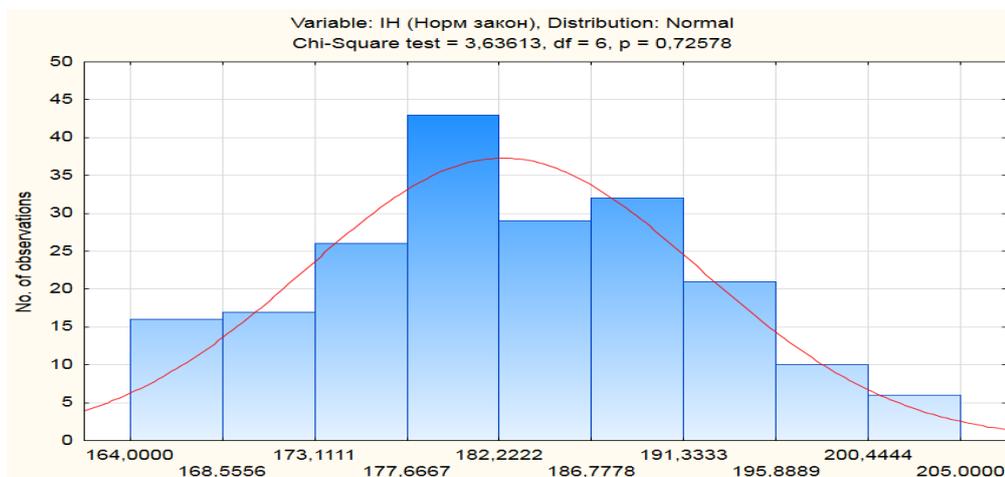


Рис. 4.2. Розподіл ІН водіїв, які керують транспортним засобом із небезпечним вантажем в межах населеного пункту за рівня завантаження «А»

На основі значення p , яке становить 0,73, можна стверджувати, що отримані дані розподіляються за нормальним законом.

Аналогічно проаналізовано значення ІН при рівні завантаження "Б". Отримані результати зображено на рис. 4.3 – 4.4.

Variable: IH (Норм закон), Distribution: Normal (z-IH) Chi-Square = 3,59211, df = 6, p = 0,73168									
Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 209,44444	15	15	7,50000	7,5000	15,78706	15,7871	7,89353	7,8935	-0,78706
217,88889	16	31	8,00000	15,5000	16,26868	32,0557	8,13434	16,0279	-0,26868
226,33333	28	59	14,00000	29,5000	24,51692	56,5727	12,25846	28,2863	3,48308
234,77778	32	91	16,00000	45,5000	31,07795	87,6506	15,53897	43,8253	0,92205
243,22222	39	130	19,50000	65,0000	33,13724	120,7879	16,56862	60,3939	5,86276
251,66667	29	159	14,50000	79,5000	29,72071	150,5086	14,86035	75,2543	-0,72071
260,11111	21	180	10,50000	90,0000	22,42222	172,9308	11,21111	86,4654	-1,42222
268,55556	11	191	5,50000	95,5000	14,22884	187,1596	7,11442	93,5798	-3,22884
< Infinity	9	200	4,50000	100,0000	12,84038	200,0000	6,42019	100,0000	-3,84038

Рис. 4.3. Числові значення емпіричного та теоретичного розподілів ІН водіїв за рівня завантаження «Б»

Значення ІН водіїв при русі на ділянках ВДМ із вищим рівнем завантаження є більшими, але значна їх частка лежить в допустимих межах. Графічне зображення цього розподілу наведене на рис. 4.4.

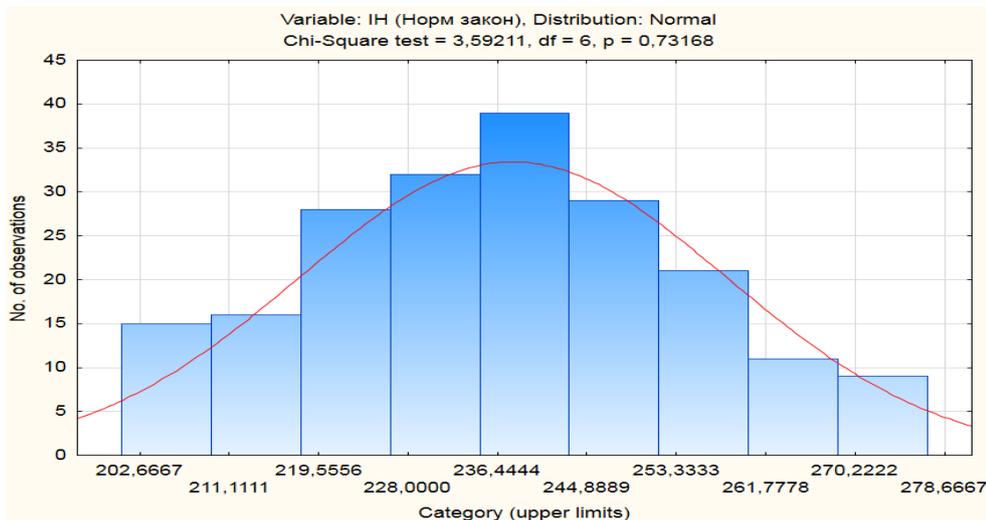


Рис. 4.4. Розподіл ІН водіїв, які керують транспортним засобом із небезпечним вантажем в межах населеного пункту за рівня завантаження «Б»

Отримані дані також можуть бути описані нормальним законом, про що свідчить значуще p , яке є рівним 0,73.

Отримані та очікувані значення ІН за рівнів завантаження «В» та «Г» відображено на рис. 4.5. - 4.6.

Variable: IH (Норм закон), Distribution: Normal (z-IH) Chi-Square = 4,32771, df = 6, p = 0,63242									
Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 273,11111	31	31	15,50000	15,5000	23,92571	23,9257	11,96286	11,9629	7,07429
279,22222	19	50	9,50000	25,0000	21,45621	45,3819	10,72811	22,6910	-2,45621
285,33333	29	79	14,50000	39,5000	29,41787	74,7998	14,70894	37,3999	-0,41787
291,44444	33	112	16,50000	56,0000	33,68182	108,4816	16,84091	54,2408	-0,68182
297,55556	36	148	18,00000	74,0000	32,20394	140,6856	16,10197	70,3428	3,79606
303,66667	20	168	10,00000	84,0000	25,71287	166,3984	12,85644	83,1992	-5,71287
309,77778	16	184	8,00000	92,0000	17,14413	183,5426	8,57206	91,7713	-1,14413
315,88889	10	194	5,00000	97,0000	9,54541	193,0880	4,77270	96,5440	0,45459
< Infinity	6	200	3,00000	100,0000	6,91203	200,0000	3,45601	100,0000	-0,91203

Рис. 4.5. Числові значення емпіричного та теоретичного розподілів ІН водіїв при рівнях завантаження «В» та «Г»

Останні рівні завантаження здійснюють значний вплив на ФС водіїв, що підтверджується значеннями ІН, які часто перевищують 300 у.о., що свідчить про стан вираженої нервово-емоційної напруги в процесі керування транспортним засобом. Щодо закону розподілу, то значення емпіричних і фактичних величин не мають критичних розбіжностей, що підтверджується і графічним зображенням цього закону (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Розподіл ІН водіїв, які керують транспортним засобом із небезпечним вантажем в межах населеного пункту за рівнів завантаження «В» та «Г»

Значення p , вказує на те, що для опису даних може бути прийнятий нормальний закон розподілу.

Аналогічно до попередніх результатів, проведений аналіз характеристик розподілу ІН водіїв, які перевозили небезпечний вантаж автомобільними дорогами на маршруті з ділянками різної складності. На рис. 4.7 – 4.8 наведено характеристики розподілу ІН під час руху в небезпечних умовах.

Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 221,11111	2	2	1,00000	1,0000	3,49893	3,4989	1,74946	1,7495	-1,49893
248,22222	11	13	5,50000	6,5000	8,04136	11,5403	4,02068	5,7701	2,95864
275,33333	19	32	9,50000	16,0000	18,28213	29,8224	9,14106	14,9112	0,71787
302,44444	28	60	14,00000	30,0000	31,45396	61,2764	15,72698	30,6382	-3,45396
329,55556	46	106	23,00000	53,0000	40,95617	102,2325	20,47808	51,1163	5,04383
356,66667	41	147	20,50000	73,5000	40,36275	142,5953	20,18137	71,2976	0,63725
383,77778	32	179	16,00000	89,5000	30,10637	172,7017	15,05318	86,3508	1,89363
410,88889	12	191	6,00000	95,5000	16,99526	189,6969	8,49763	94,8485	-4,99526
< Infinity	9	200	4,50000	100,0000	10,30308	200,0000	5,15154	100,0000	-1,30308

Рис. 4.7. Числові значення емпіричного та теоретичного розподілів ІН водіїв під час руху в небезпечних дорожніх умовах

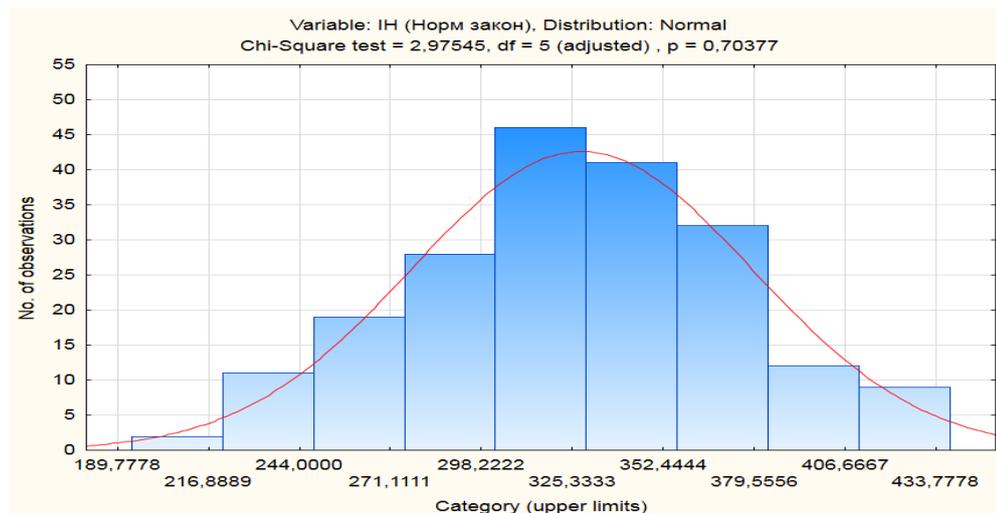


Рис. 4.8. Розподіл ІН водіїв, які керують транспортним засобом із небезпечним вантажем за межами населеного пункту під час руху в небезпечних дорожніх умовах

Отримані значення також можуть бути описані нормальним законом розподілу, оскільки $p = 0,7$.

Попередні результати досліджень показували тенденцію, що ФС водіїв, які рухаються автомобільними дорогами з ускладнених дорожніми умовами, не завжди є оптимальним, оскільки вони перебувають у стані вираженої напруги, що підтверджується іншими показниками. В таких умовах, усі отримані значення

можуть мати високі показники розсіювання, але підпорядковуватись нормальному закону розподілу. Його характеристики наведені на рис. 4.9-4.10.

Variable: IH (Норм закон), Distribution: Normal (вплив місцевості на IH) Chi-Square = 2,65386, df = 4 (adjusted) , p = 0,61731									
Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 126,66667	19	19	9,50000	9,50000	15,52325	15,5233	7,76163	7,7616	3,47675
163,33333	19	38	9,50000	19,0000	25,03001	40,5533	12,51500	20,2766	-6,03001
200,00000	41	79	20,50000	39,5000	40,30368	80,8569	20,15184	40,4285	0,69632
236,66667	49	128	24,50000	64,0000	46,30172	127,1587	23,15086	63,5793	2,69828
273,33333	39	167	19,50000	83,5000	37,95240	165,1111	18,97620	82,5555	1,04760
310,00000	20	187	10,00000	93,5000	22,19429	187,3054	11,09715	93,6527	-2,19429
346,66667	10	197	5,00000	98,5000	9,25815	196,5635	4,62908	98,2818	0,74185
383,33333	2	199	1,00000	99,5000	2,75401	199,3175	1,37700	99,6588	-0,75401
< Infinity	1	200	0,50000	100,0000	0,68248	200,0000	0,34124	100,0000	0,31752

Рис. 4.9. Числові значення емпіричного та теоретичного розподілів ІН водіїв під час руху в ускладнених дорожніх умовах

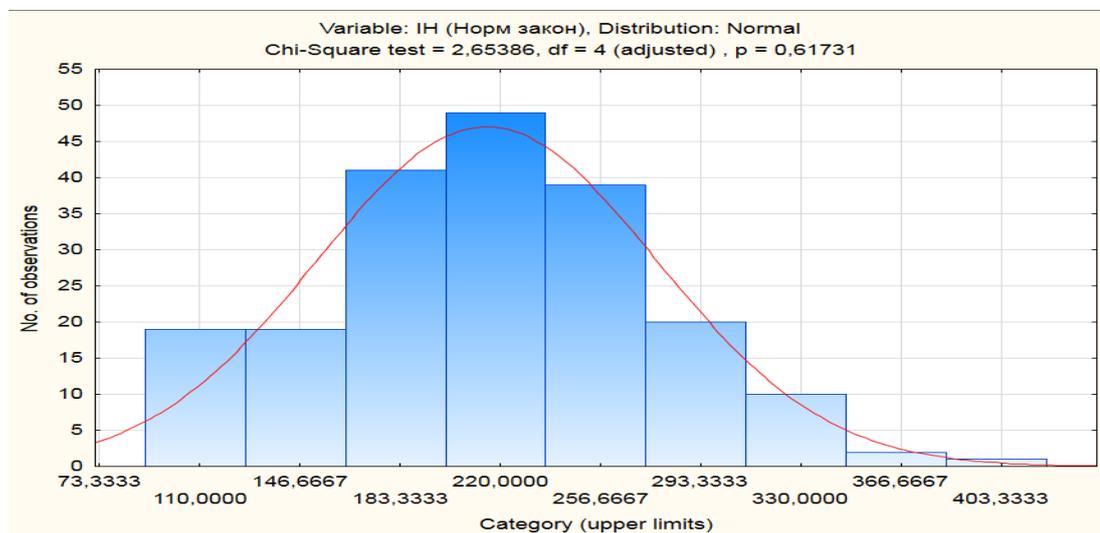


Рис. 4.10. Розподіл ІН водіїв, які керують транспортним засобом із небезпечним вантажем за межами населеного пункту під час руху в ускладнених дорожніх умовах

Гіпотеза про опис показника ІН нормальним законом може бути прийнята, незважаючи на дещо менше значення $p = 0,61$ щодо даних, отриманих на попередніх етапах статистичного аналізу.

На основі законів розподілу, які описують наявні дані, може бути визначено імовірність отримати таке значення показника ІН, яке відповідає стану нервово-емоційної перенапруги. Беручи до уваги, що результати досліджень описуються нормальним законом, то визначити імовірність можливо за допомогою z-стандартизації, яка проводиться за допомогою такого співвідношення:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (4.5)$$

де x – значення, відповідно до якого розраховується відповідна ймовірність; μ - середнє значення; σ - середньоквадратичне відхилення.

На основі отриманого значення z , з z - таблиці обирається площа під кривою, яка і відповідає ймовірності отримати певне значення.

Ймовірність виникнення значення ІН, за якого ФС водія є незадовільним набуде вигляду:

$$P(x) = 1 - z = 1 - \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) \quad (4.6)$$

Розрахунки ймовірності за цим співвідношенням проводилися для різних рівнів завантаження та дорожніх умов, якщо рух проходив автомобільними дорогами. Результати наведено на рис. 4.11 – 4.12. За граничне значення ІН, яке відповідає стану перенапруги прийнято $ІН > 300$ у.о., оскільки такий ФС є незадовільним.

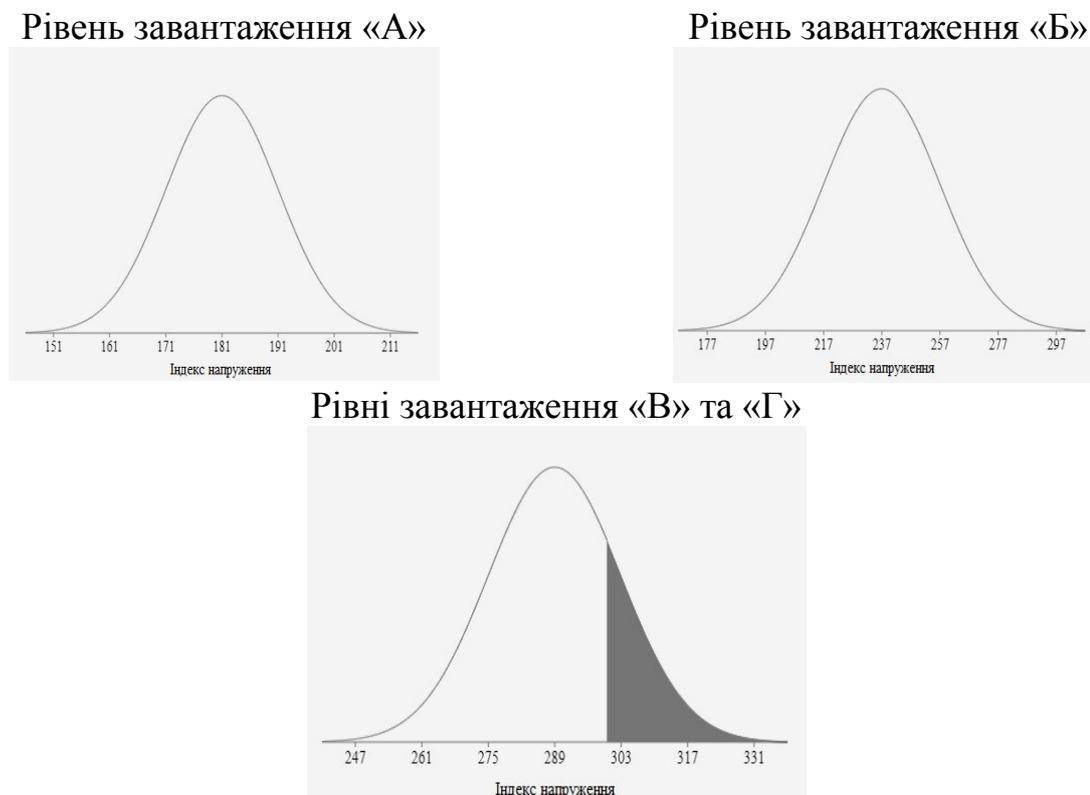


Рис. 4.11. Стандартизовані розподіли ІН водіїв, які здійснюють перевезення небезпечного вантажу в межах населеного пункту за різних рівнів завантаження

Зарисована площа під кривою розподілу відповідає ймовірності появи значення $IN > 300$, що відповідає рівню нервово-емоційного перенапруження водіїв в процесі транспортування небезпечного вантажу. Згідно з розрахунками за рівнів завантаження «А» та «Б» надійність роботи водіїв є задовільною, оскільки $p=10^{-7}$ та 10^{-2} відповідно. За рівнів завантаження «В» та «Г» ймовірність настання показника $IN > 300$ становить 0,24.

Аналогічні операції проведені зі значеннями, отриманими під час натурних досліджень при русі автомобільними дорогами. Результати подані у вигляді стандартизованих кривих розподілу, які зображені на рис. 4.12.

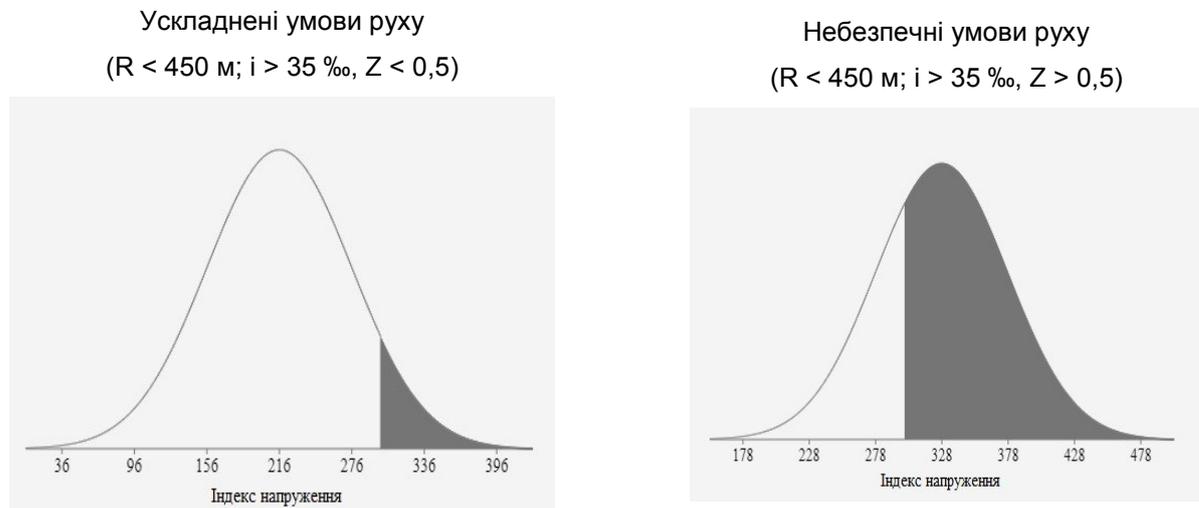


Рис. 4.12. Стандартизовані розподіли ІН водіїв, які здійснюють перевезення небезпечного вантажу автомобільними дорогами за різної складності дорожніх умов

Розрахунки свідчать про те, що при русі в ускладнених умовах ймовірність роботи водіїв при задовільному ФС становить 0,87, а для небезпечних умов руху вона становить лише 0,33. Отримані значення в подальшому використовуються для визначення рівнів ризику та оцінки безпеки такого виду перевезень в різних умовах.

На основі результатів досліджень, проведений розрахунок важкості наслідків в результаті настання ДТП із транспортним засобом, який перевозить небезпечний

вантаж, а також оцінений рівень ризику при здійсненні такого перевезення з врахуванням ФС водіїв.

Під час проведення натурних досліджень на маршруті в межах населеного пункту визначено ділянки з щільною забудовою та скупченням автомобілів та пішоходів. Сумарна протяжність таких ділянок становить 8,8 км при загальній довжині маршруту 80 км. На таких ділянках щільність людей (водіїв, пішоходів, відвідувачів вуличних магазинів) рівною 190-230 осіб на 100 м². При здійсненні перевезення небезпечного вантажу в межах населеного пункту ймовірність перебування на такій ділянці становитиме:

$$P(x) = \frac{8,8}{80} = 0,11$$

Якщо маршрут перевезення проходить за межами населеного пункту автомобільною дорогою, ділянки скупчення автомобілів та пішоходів зустрічаються значно рідше, проте, траса дороги часто проходить через малі населені пункти, де наявні об'єкти сервісу або ж забудова, яка знаходиться на невеликій відстані від проїзної частини. Щільність людей на таких ділянках, звичайно, є значно меншою ніж в містах і становить 20-30 осіб на 100 м² (враховуючи водіїв інших транспортних засобів). Протяжність таких ділянок по досліджуваному маршруту становить 3 – 8 км. В такому випадку, ймовірність опинитися на цій ділянці під час транспортування небезпечного вантажу становить:

$$P(x) = \frac{5,5}{280} = 0,019$$

На основі отриманих даних можна визначити ймовірність того, що у водія буде спостерігатися значення ІН, який не відповідатиме нормативним значенням на такій ділянці маршруту, де ризик виникнення важких наслідків в результаті ДТП є найбільшим. Для розрахунку обрано по одній типовій ділянці для руху в межах населеного пункту з рівнями завантаження «В» та «Г», а при русі автомобільними дорогами ділянки, які відносяться до ускладнених та небезпечних з точки зору типології дорожніх умов. Ця ймовірність обчислюється за альтернативною формою теореми Баєса (4.7):

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) \cdot P(A)}{P(B/A) \cdot P(A) + P(B/\neg A) \cdot P(\neg A)} \quad (4.7)$$

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.

Беручи до уваги співвідношення (4.6), в рамках запропонованої методики розрахунку формула набуває вигляду:

$$P(A/B) = \frac{(1 - (\frac{x - \mu}{\sigma})) \cdot P(A)}{(1 - (\frac{x - \mu}{\sigma})) \cdot P(A) + P(B/\neg A) \cdot P(\neg A)} \quad (4.8)$$

На основі співвідношення (4.8) визначено наступне:

- в міських умовах ймовірність виникнення показника ІН > 300 на ділянці з щільним автомобільним та пішохідним рухом становитиме:

$$P = \frac{0,11 \cdot 0,24}{0,11 \cdot 0,24 + 0,89 \cdot 0,76} = 0,038;$$

- при русі автомобільною дорогою в ускладнених дорожніх умовах:

$$P = \frac{0,019 \cdot 0,13}{0,019 \cdot 0,13 + 0,98 \cdot 0,87} = 0,003;$$

- при русі автомобільною дорогою в небезпечних дорожніх умовах:

$$P = \frac{0,019 \cdot 0,67}{0,019 \cdot 0,67 + 0,98 \cdot 0,33} = 0,038$$

Отримані вище значення, розраховані за відношенням (4.8), можна приймати остаточними для оцінки та визначення рівня ризику за формулою (2.7).

Для того, щоб робити висновки стосовно прийнятності чи недопустимості певного виду ризику необхідно також знати можливу кількість постраждалих внаслідок настання ДТП. Розрахунок важкості наслідків базується на кількості людей, які можуть опинитися у радіусі ураження. Також враховано ймовірність

виникнення показника ІН, за якого ФС водія є незадовільним на заданій ділянці маршруту.

Кількість осіб, які підпадають під ураження в результаті вибуху небезпечної ручовини розраховується за формулою (4.9):

$$n_{yp} = \left(\frac{\pi R_{yp}^2}{100} \right) \cdot q_n \quad (4.9)$$

де R_{yp} - радіус зони ураження; q_n - щільність людей, які перебувають на 100 м² потенційної аварійної ділянки.

Беручи до уваги проведені дослідження, під час яких здійснювались перевезення кисневих балонів по ВДМ та автомобільними дорогами, наслідки ДТП можуть бути важкими. Це пояснюється тим, що при радіусі ураження внаслідок вибуху кисневих балонів 27 – 33 м, кількість постраждалих, в межах населеного пункту на ділянках скупчення людей (згідно формули 4.9) може досягати 100-110 осіб, а за його межами 10-15 осіб.

Отже, на основі отриманих даних, можна зробити висновок щодо того чи ризик може бути прийнятний, його бажано зменшити або він є абсолютно неприйнятним. Остаточні результати аналізу можуть бути визначені за допомогою меж соціального ризику, наведених в розділі 2. На рисунку 4.13 зеленим означено зону прийнятної ризику, жовтим – допустимого, який варто зменшити та червоним – неприйнятної, відповідно. По осі ординат відкладені значення ймовірності настання небажаної події (в конкретному випадку – ДТП), а по осі абсцис – кількість постраждалих внаслідок настання такої події.

Для того, щоб визначити рівень ризику для конкретного випадку, потрібно визначити позицію точки на цій площині. Абсциса точки визначається за формулою 4.9 (в цьому випадку 100 і 15 осіб), 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 різні джерела наводять $25 \cdot 10^{-7}$ ДТП за рік на 1 млн автомобілекілометрів). Враховуючи

отримані результати, знаходяться положення точок на площині, які відповідають конкретним умовам руху, а за їхньою позицією можна свідчити про ступінь прийнятності ризиків (рис. 4.13).

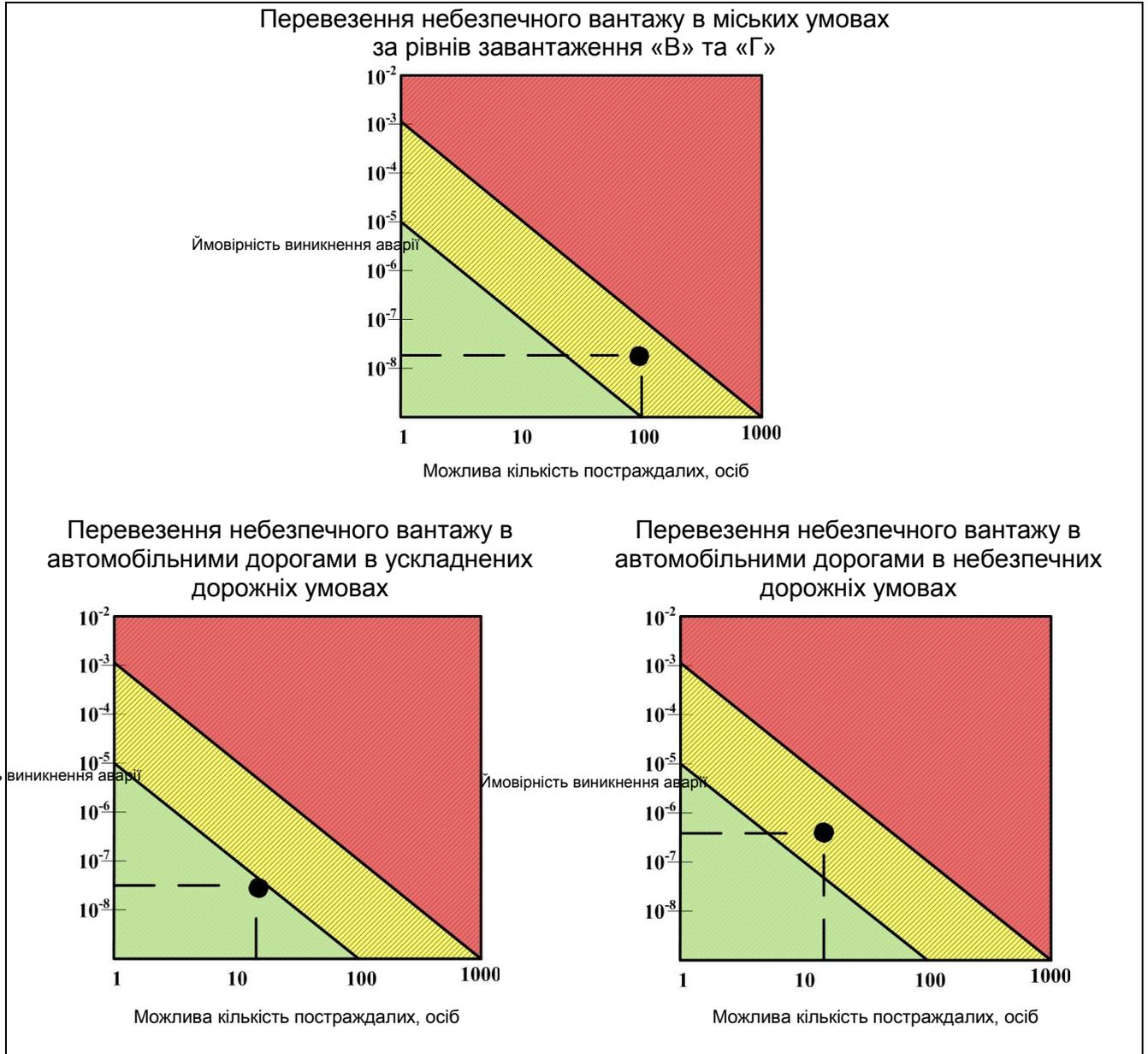


Рис. 4.13. Діаграма визначення рівня ризиків при перевезенні небезпечних вантажів з врахуванням надійності роботи водія

Отже, на основі отриманих результатів можна стверджувати, що ризики для різних умов руху є такими, що потребують зменшення. Варто зазначити, що ці результати оцінюють конкретний тип вантажу та конкретні особливості

небезпечних ділянок, і тому для різних випадків величина потенційних ризиків може бути іншою.

Слід відмітити, що ФС водіїв залежить від їхнього соціотипу та професійних особливостей, а отже, ці чинники також впливають на рівні ризику в процесі перевезень, що спонукає до детального підбору водіїв для роботи на маршрутах різної складності.

Розраховані рівні ризику для різних типів вантажу, залежно від протяжності небезпечних ділянок та рівня завантаження (умов руху за межами населеного пункту) наведені в Додатку В.

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.

4.3 Алгоритми проектування безпечних маршрутів перевезень небезпечних вантажів з врахуванням фактора людини

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

При перевезенні досліджуваного вантажу в межах населеного пункту спостерігається значний вплив рівня завантаження ВДМ на рівень ризику виникнення небажаних наслідків. 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. Для досягнення мети необхідно виконувати ряд умов під час планування перевезень, а саме:

- попереднє прогнозування стану ТП на ділянках ВДМ, якими здійснюються перевезення;
- проходження мінімальної кількості ділянок із збільшеною щільністю людей;
- мінімізація часу перебування ТЗ на ділянках із рівнем завантаження $Z > 0,5$;
- обмеження обсягів перевезення та кількості споживачів на маршруті для одного ТЗ враховуючи відстані перевезень та тривалість роботи на маршруті.

Виконання цих критеріїв дозволить підвищити безпеку процесу транспортування небезпечних вантажів в межах населених пунктів та знизити ризики виникнення ДТП з важкими наслідками. Для задач побудови маршрутів за критеріями оптимальності найкраще підходять методи лінійного програмування з елементами комбінаторики, використовуючи графи для опису транспортних мереж.

Найбільш точним та зручним методом побудови розвізних маршрутів є задача комівояжера, описана у другому розділі цієї роботи. Враховуючи результати попередніх досліджень та розробленої методики оцінки ризиків при перевезенні небезпечних вантажів, критерії оптимальності такої задачі змінюються. Завдання також полягає у розробці оптимального графіку руху, який відповідатиме мінімальним ризикам та відповідним прогнозованим ФС водіїв.

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 приводить 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 комівояжера 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 добутку відстані між пунктами (l) на середній рівень завантаження ВДМ вздовж цих ділянок (z).

$$g = l \cdot z \quad (4.10)$$

Цільова функція, в такому випадку, виглядатиме таким чином:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} + \dots + F_{n-m+1} \Rightarrow \min \quad (4.11)$$

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

$$F_m = \min \{g_{i,m}(T_m); g_{m,j}(T_m)\} \quad (4.12)$$

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

$$T_n = T_{n-1} + t_{p,n} + t_{n-p,n} \quad (4.13)$$

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 співвідношення 3.1 – 3.2 залежно від того, 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:

$$g = l \cdot k_{\text{дв}} \quad (4.14)$$

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

$$k_{dy} = \frac{IH_{dy}}{IH_n} \quad (4.15)$$

де IH_{dy} – значення ІН водіїв, які рухаються в певних дорожніх умовах (табл. 3.2 – 3.3); IH_n – значення ІН в нормі (80 – 150 у.о.).

Для того, щоб створити правильну послідовність дій при вирішенні поставленого завдання, варто скористатись таким алгоритмом (рис. 4.14).

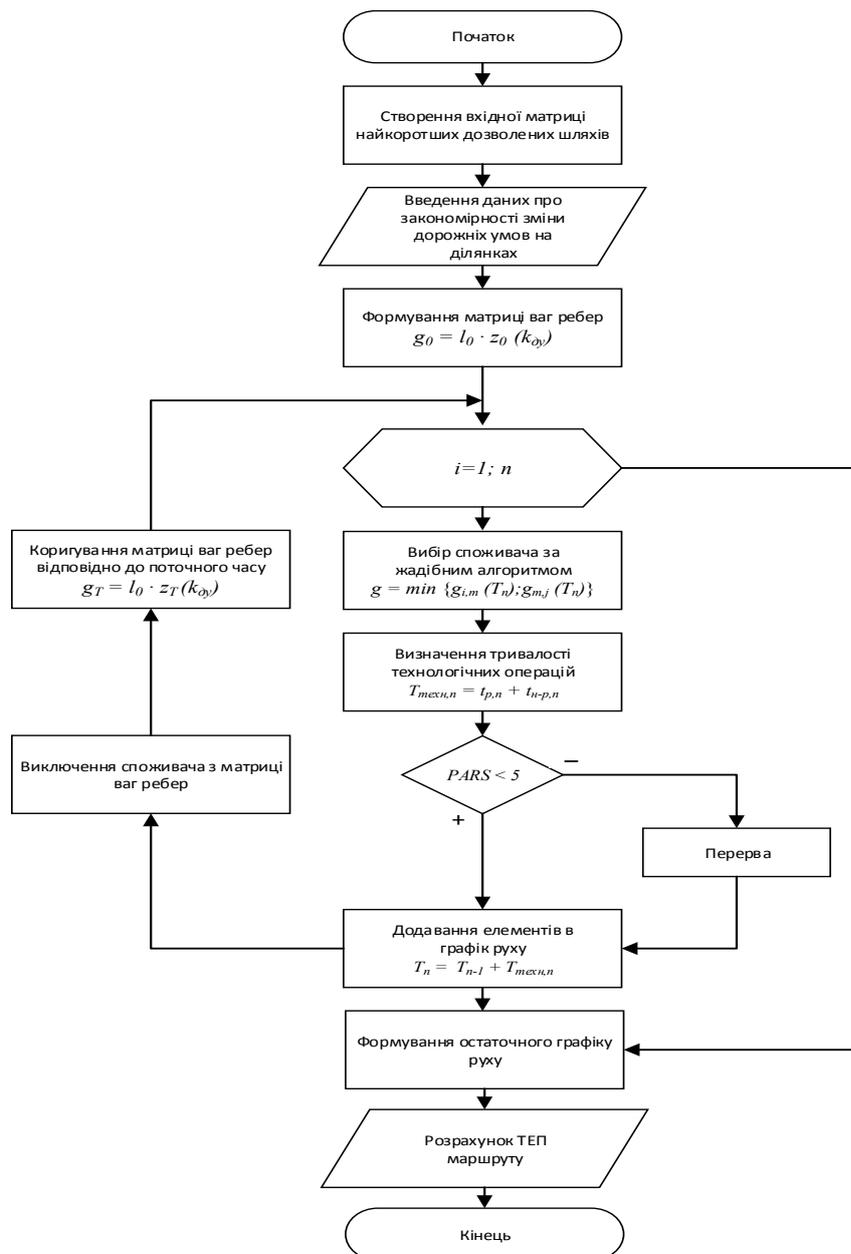


Рис. 4.14. Алгоритм розрахунку оптимального маршруту доставки небезпечного вантажу з врахуванням фактора людини і умов руху

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 графік роботи водія. Оскільки в міських умовах 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 входних параметрів лише коригує напрямок наступних кроків у вирішенні поставленої задачі.

Роботу алгоритму за заданими функціями можна представити у матричній формі враховуючи зворотній зв'язок із графіком руху, оскільки за такої постановки задачі, ці два процеси повинні проходити паралельно. Приклад роботи алгоритму наведено на рис. 4.15, де проілюстровано основні кроки вирішення задачі та основні залежності між матрицею розв'язків та розкладом руху.

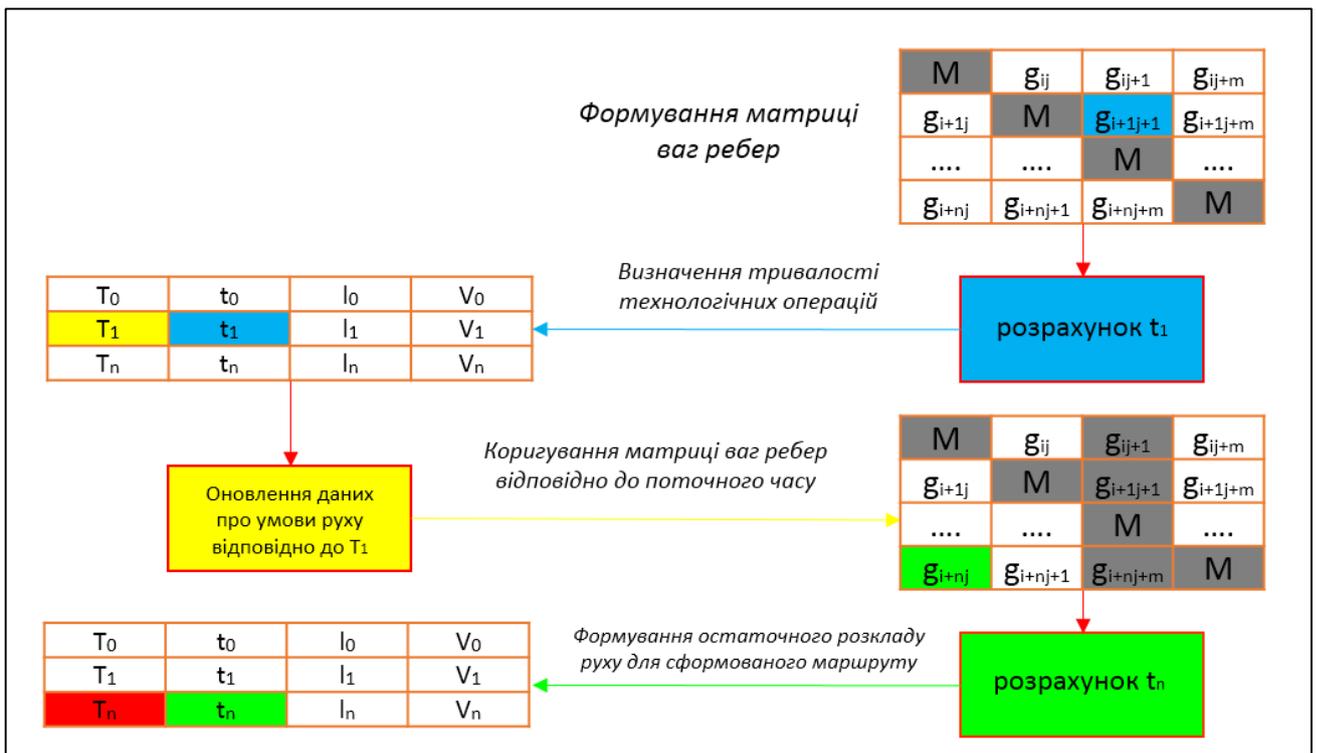


Рис. 4.15. Розрахункова схема для проектування маршрутів та графіків руху перевезення небезпечних вантажів зі зворотнім зв'язком

Дотримуючись такої схеми можна досягти синхронізації графіків руху та конфігурації маршрутів, що, в свою чергу, дозволяє проектувати технологічні процеси перевезення небезпечних вантажів із мінімальними ризиками з врахуванням фактора людини.

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 8 год. Для того, щоб знайти крайні точки цих обмежень, проведено математичне моделювання процесу перевезень за різних вхідних параметрів. Результатом є діаграма залежності часу роботи на маршруті від середньої дальності їздки за певної кількості споживачів (рис. 4.16).

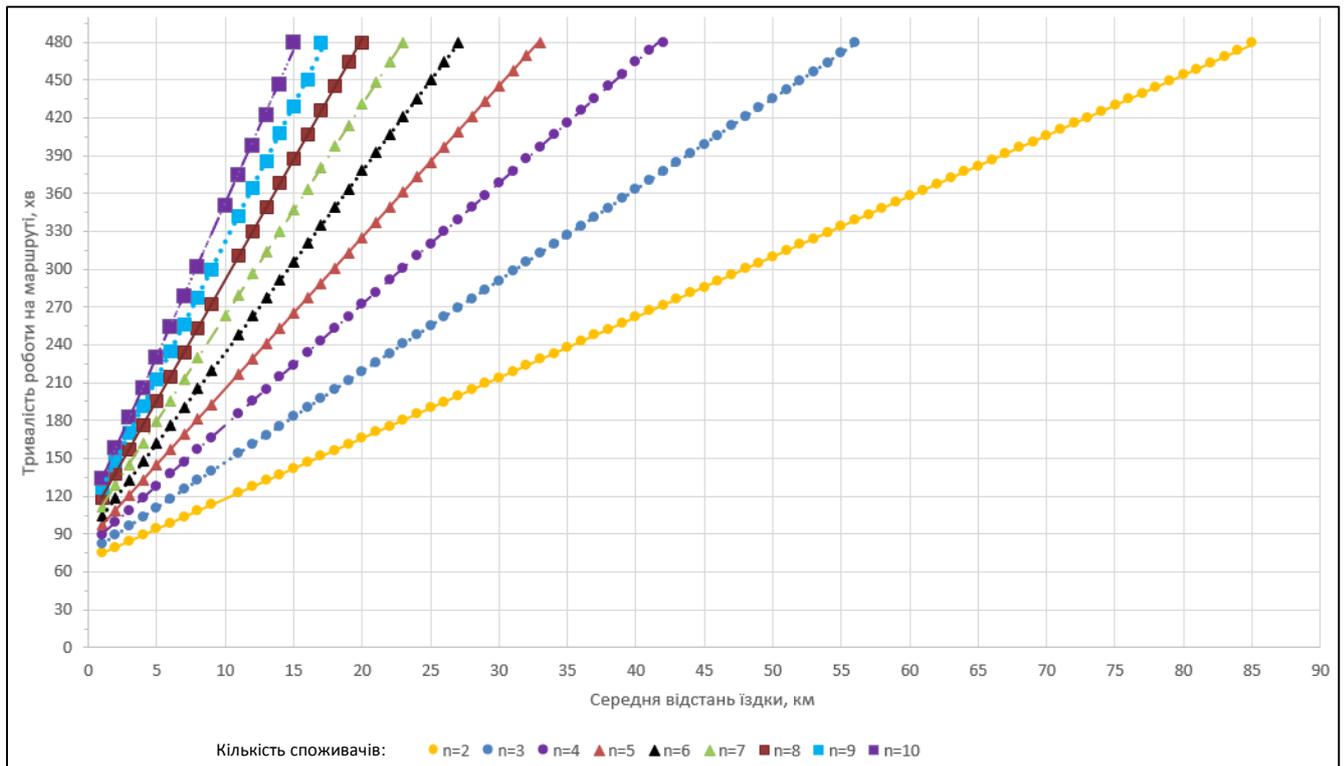


Рис. 4.16. Залежність зміни тривалості роботи на маршруті в межах населеного пункту від середньої відстані їздки за різної кількості споживачів

Математичне моделювання застосованого 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.

Максимальна тривалість роботи на маршруті не може перевищувати 8 год (480 хв), враховуючи кількість споживачів. Залежність часу роботи на маршруті від середньої відстані їздки з вантажем за межами населеного пункту наведено на рис. 4.17.

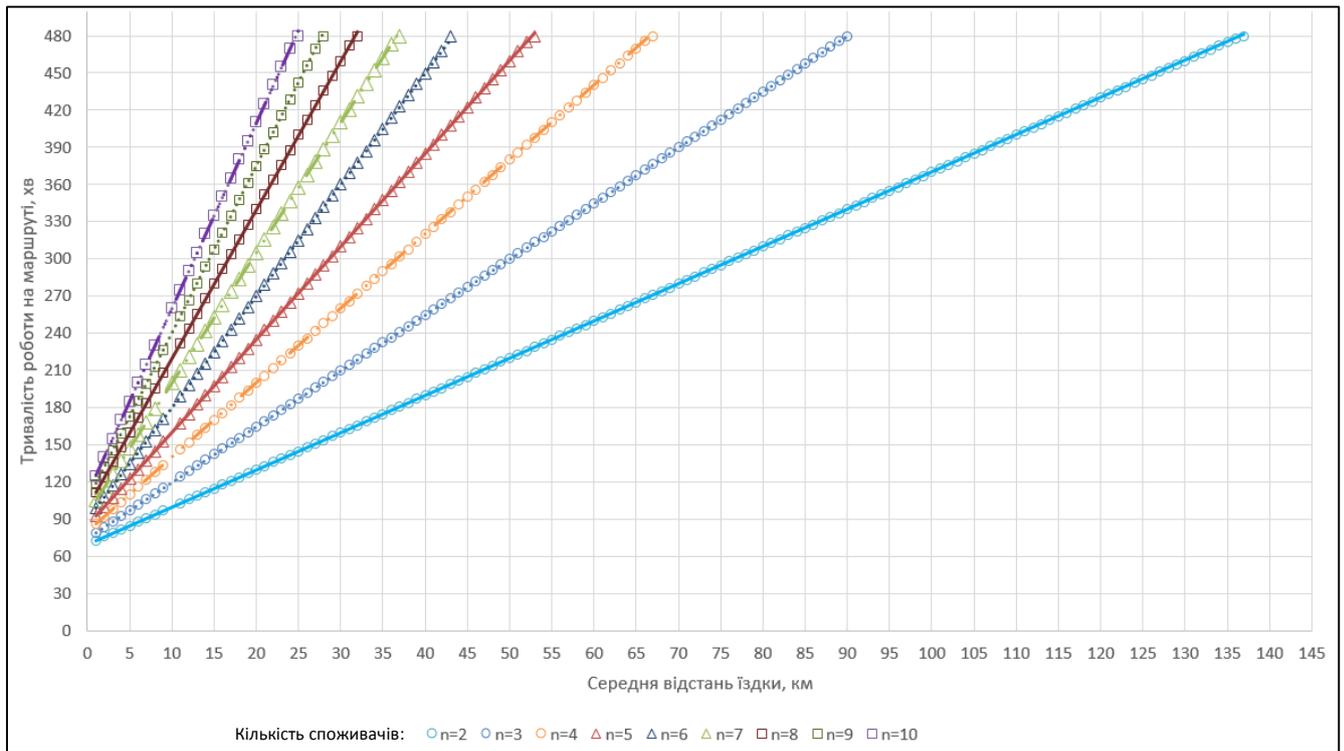


Рис. 4.17. Залежність тривалості роботи на маршруті за межами населеного пункту від середньої відстані їздки за різної кількості споживачів

Відповідно до обмежень, які виникають за результатами математичного моделювання проводиться постановка задачі, оскільки при ймовірному перевищенні часового ресурсу, варто використовувати іншу кількість транспортних засобів і розбивати мережу споживачів на менші частини.

4.4 Висновки до розділу

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

4. Вдосконалено методику визначення рівнів ризику настання ДТП та оцінки їх наслідків з врахуванням особливостей маршруту перевезень, умов руху та ФС водіїв для здійснення перевезень в межах населеного пункту та автомобільними дорогами.

5. Розроблено алгоритм проектування розвізних маршрутів небезпечних вантажів із врахуванням умов руху та ФС водія. Цей метод дозволяє проектувати маршрути руху із мінімальною зміною показників технологічного процесу перевезень небезпечних вантажів, але із меншими значеннями ризику та кращим прогнозованим ФС водіїв.

5. Отримані результати дозволяють проводити вдосконалення технологічних процесів перевезень небезпечних вантажів за умови побудови маршрутів руху транспортних засобів із застосуванням алгоритму, який враховує як ФС водіїв так і дорожні умови. Оцінка ризиків у технологічному процесі перевезень небезпечних вантажів дозволяє заздалегідь обирати безпечні маршрути руху транспортних засобів як в межах населених пунктів, так і поза ними.

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 час 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коноваленко Ю. Моделювання ризиків при перевезенні небезпечних вантажів / Ю. Коноваленко // Вісник Київського національного торговельно-економічного університету. - 2011. - № 5. - С. 82-97.
2. Закон України «Про приєднання України до Європейської Угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ)» від 02.03.2000 № 15113 [Електронний ресурс] . — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1121-23>.
3. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»: за станом на 27 січ. 2000 р. [Електронний ресурс] . — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z11-13>.
4. Небезпечні вантажі та їх коротка характеристика [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://cysap.com.ua/news-ua/post-454/>.
5. Транспорт и окружающая среда [Текст] // Сб. науч. тр. межд. семинара EBRD-Haskoning. – К., 1994. – 300 с.
6. Степанченко Д.А. Правове регулювання перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом [Електронний ресурс] / Степанченко Д.А. – Режим доступу до ресурсу: <http://imgpartners.com.ua/company/publications/pravove-reguljuvannja-perevezennja-nebezpechnih-vantazhiv-avtomobilnim-transportom-731-731/>.
7. Інструкція з охорони праці під час експлуатації балонів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://dnaop.com/html/31923_3.html.
8. Троицкая Н. А. Транспортно-технологические схемы перевозок отдельных видов грузов: учебное пособие/ Н.А. Троицкая, М.В. Шилимов – М.: КНОРУС, 2010. – 232 с.
9. Кравченко Е., Пахно А., Шок В. Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом. Пособие для консультантов. — Донецк: Норд-Пресс, 2010.— 466 с.

10. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. - К.: Вища школа, 1986. - 447 с.
11. Раффа М. И. Грузовые автомобильные перевозки / М. И. Раффа. – К.: Вища школа, 1975. – 288 с.
12. Давідіч Ю. О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 345 с.
13. M. D. Abkowitz, P. D. M. Cheng, and M. Lepofsky. Selecting Criteria for Designating Hazardous Materials Highway Routes. Transportation Research Record 1333, TRB, National Research Council, Washington D.C., USA. 1992, pp. 30 – 35.
14. Camilla Nyquist Magnusson. Transportation of dangerous goods: A multiple stakeholder analysis for improved efficiency and safety through information sharing. 27th NOFOMA conference, At Molde, Norway, 2015, pp 1 – 16.
15. Mohamed Haitam Laarabid,f, Azedine Boulmakoule, Roberto Saciled, Emmanuel Garbolinof A scalable communication middleware for real-time data collection of dangerous goods vehicle activities. Transportation Research Part C Emerging Technologies, Cologne, Germany. 2014. Vol. 48. pp 404 – 417.
16. Operations Research Models for Global Route Planning in Hazardous Material Transportation [Електронний ресурс] / Lucio Bianco, Stefano Giordani, Veronica Piccialli, Massimiliano Caramia – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4614-6794-6_3. A risk assessment for road transportation of dangerous goods: a routing solution (1-s2.0-S2352146516304136-main.pdf)
17. Andrea Conca, Chiara Ridella та Enrico Saponi. A risk assessment for road transportation of dangerous goods: a routing solution. Transportation Research Procedia 14. Warsaw, Poland. 2016. pp. 2890 – 2899.
18. Patrice Marcotte, Anne Mercier. Toll Policies for Mitigating Hazardous Materials Transport Risk. Transportation Science. Catonsville, MD, USA. 2009. Vol. 43. No. 2 pp 228-243.

19. Madalena S. Rodrigues. Safe routes for hazardous materials transportation Distribution of Galp liquid fuels in Lisbon [Электронный ресурс] / Madalena S. Rodrigues – Режим доступа до ресурсу: <https://www.semanticscholar.org/paper/Safe-routes-for-hazardous-materials-transportation-Rodrigues/e1aa85ba87a9b3ae6ffd9b78ae2bcd2f1afb73f0>.
20. Amir Khosrojerdi, EbrahimTeimoury, Armin Jabbarzedehe. Design of 7×24 logistics system for hazardous materials. Journal of Industrial and Systems Engineering. Tehran, Iran. 2016. Vol. 9, No. 4, pp 47-64.
21. Tomasoni A. Models and methods of risk assessment and control in dangerous goods transportation (DGT) systems, using innovative information and communication technologies : дис. докт. філос. наук / Tomasoni Angela – Paris, 2010. – 268 с.
22. Risk Assessment – Recommended Practices for Municipalities and Industry – Ottawa: Canadian Society for Chemical Engineering, 2004. – 83 с.
23. Janno J. Human factor as the main operational risk in dangerous goods transportation chain / J. Janno, O. Koppel. // 17th international conference Business Logistics in Modern Managment. – 2017. – С. 66 – 78.
24. Abkowitz, M., Der-Ming Cheng, P., 1988. Developing a risk/cost framework for routing truck movements of DG. Accident Analysis and Prevention, Vol. 20, Issue 1, February 1988. - 39-51 с.
25. Erkut, E., Verter, V., 1995. A framework for Hazardous Materials transports Risk Assessment. Risk Analysis, Vol. 15, Issue 5, pp. 589-601.
26. Serafini, P., 2006. Dynamic programming and minimum risk paths. European Journal of Operational Research. Vol. 175, pp. 224-237 с.
27. Scenna,N.J., Santa Cruz, A.S.M., 2007. Road risk analysis due to the transportation of chlorine in Rosario city. Reliability Engineering & System safety. Vol. 90, P. 83 – 90
28. Brown, D.F., Dunn, W.E., 2007. Application of a quantitative risk assessment method to emergency response planning. Computers & Operations Research, Vol. 34, Issues 5, P 1243 – 1265

29. Krasjukova J.. Possibilities to Manage Effectively Risks in the Transport of Dangerous Goods, *Journal of International Scientific Publications: Economy & Business*, 4(2), P 27 – 36.
30. Copsey S. Managing risks to drivers in road transport. European Agency for Safety and Health at Work. 2011. P. 161.
31. Driving Behavior Theory and Computer Simulation System of Driver's Risk Perception Based on 3D. J.Zhao, X. Shi Xiao-fen, L. Zhao, S. Zhao. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – 2013. – №96. – С. 1686–1695.
32. Трофімов Ю. Л. Інженерна психологія / Трофімов Ю. Л.. – Харків, 2016. – 127 с. – (Національний університет цивільного захисту України).
33. Небылицын, В.Д. Проблемы психологии индивидуальности : избранные психологические труды / В.Д. Небылицын. – Воронеж : НПО 'МОДЭК'; Москва Институт практической психологии, 2000. – 688 с.
34. Гуревич К. М. Профессиональная пригодность и основные свойства нервной системы. — М.: Издательство «Наука», 1970. — 272 с.
35. Романов А. Н. Автотранспортная психология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Александр Николаевич Романов. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 224 с.
36. Абдулкина Н. А. Показатели склонности к риску и психоэмоциональная устойчивость у водителей / Н. А. Абдулкина, А. Н. Панфилов. // *Международный журнал экспериментального образования*.. – 2014. – №6. – С. 71.
37. Пушкин В.П., Нерсесян Л.С. Психология водителя. М.: Знание, 1969. 32 с
38. Кузнецов В. А. Проблема надежности при подготовке водителей / В. А. Кузнецов. // *Вестник удмуртского университета*. – 2017. – №2. – С. 233–239.
39. Коноплянко В.И., Зырянов В.В., Воробьев Ю.В. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения: учеб. пособие. М.: Высш. шк. 2005. 271 с.
40. Вайсман А.И. Гигиена труда водителей автомобилей. – М., 1988. – 192с.

41. Мишурич В.М.; Романов А.Н. Надежность водителя и безопасность движения. М.: Транспорт, 1990. 167 с.
42. Лобаном Є.М. Проектування доріг і організація руху з врахуванням психофізіології водія / Лобаном Є.М.. – Москва: Транспорт, 1980. – 307 с.
43. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клеберсберг. ; пер. с нем. В. Б. Мазуркевич. – М. : Транспорт, 1989. – 367 с
44. Лобанов Е. М. Методика оценки эмоционального состояния водителей с использованием психологических показателей / Е. М. Лобанов, В. В. Новизенцев – 1975. М: Транспорт – № 95. – С. 110–132.
45. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. посібник / Н. У. Гюлев; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 185 с.
46. Постранський Т. М. Умови руху як чинник впливу на функційний стан водія / Т. М. Постранський, М. М. Жук. // Автомобільний транспорт. Безпека руху.. – 2015. – №1. – С. 33–34.
47. В. В. Сабадаш Дорожньо-транспортна пригода як результат порушення функцій взаємодії в системі «людина –техніка – середовище»/ В. В. Сабадаш Д. І. Фокін // Комунальне господарство міст. Сер. : Технічні науки та архітектури. - 2015. Вип. 120. - С. 105-108.
48. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.– 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
49. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов; – Х. : ХНАМГ, 2011. – 392 с.
50. В.Я. Буйленко, С.В. Жанказиев. Психологические особенности человека при управлении автомобильным транспортом: учебное пособие / В.Я. Буйленко, С.В. Жанказиев, В.В. Дементиенко, Ю.А. Короткова, М.В. Гаврилюк. – М.: МАДИ, 2017. – 172 с.
51. Ковалишин В. В. Швидкісні режими руху автомобіля у гірських умовах з врахуванням психофізіологічних особливостей водія : дис. кандидата технічних наук: 05.22.01 / В. В. Ковалишин. – Х. :ХНАМГ, 2013. – 171 с.

52. Соционика, психология и выбор профессии [Электронный ресурс] // Научно-исследовательский институт соционики – Режим доступа до ресурсу: <http://www.socionics.ru/consultations/proforientmenu/691-profil1>.
53. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : учеб. для вузов / А. П. Васильев, В. М. Сиденко. – М. : Транспорт, 1990. – 304 с.
54. Кизима С. С. Основы експлуатації автомобільних доріг : навч. посібник / С. С. Кизима. – К. : НТУ, 2002. – 232 с. : іл. – 50.
55. Давідіч Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології водія Давідіч – Х. : ХНАДУ, 2006. – 292 с.
56. Доля В.К. Особливості дорожньої поведінки водія та зміна його психофізіологічних характеристик за різних швидкісних режимів, зумовлених недостатньою видимістю / В.К. Доля, Ю.Я. Ройко // Вісник СХУ ім. Володимира Даля - 2010. - №7 – С. 1 - 3.
57. Жук М.М. Вплив висотної поясності на стан водія при русі у гірській місцевості / Жук М. М., Бойків М.В.// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2013. - №61 – С. 33-35.
58. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. / В. Ф. Бабков М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
59. Постранський Т.М. Закономірності надійної діяльності водія в системі «водій – транспортний засіб – середовище»: дис. кандидата технічних наук: 05.01.04 / Т.М. Постранський. – Х. : ХНУМГ, 2016. – 164 с.
60. Давідіч Ю. О. Теоретичні основи ергономічного забезпечення автотранспортних технологічних процесів : автореф. дис. доктора технічних наук: 05.22.01, 05.01.04 / Ю. О. Давідіч – Х : ХНАМГ, 2007. – 38 с.
61. Давідіч Ю. О. Д13 Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345 с.
62. Ходош М.С., Дасковский Б.А. Организация, экономика и управление перевозками грузов автомобильным транспортом. - М.: Транспорт, 1989. - 287 с.

63. Неруш Ю.М., Лозовой Я.О., Шабанов Б.В. Грузовые перевозки и тарифы. - М.: Транспорт, 1988. - 288 с.
64. Панов С.А. Модели маршрутизации на автомобильном транспорте. - М.: Транспорт, 1972. - 152 с.
65. Житков В.А. Планирование автомобильных перевозок грузов мелкими партиями. - М.: Транспорт, 1976. - 112 с.
66. Горяинов А. Н. Виды маршрутов автотранспортных средств при перевозке грузов в логистической системе / А. Н. Горяинов. // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. – 2005. – №67. – С. 304–309
67. Геронимус Б.Л. Математические методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок. - М.: Автотрансиздат, 1963. - 192 с.
68. Мочалин М. С., Шамис В. А. Обзор существующих методов решения задач планирования перевозок грузов помашинными отправлениями // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № 6. : <http://e-koncept.ru/2017/170129.htm>
69. Бобарыкин В.А., Тимошин Е.Ф. Математические методы на автотранспорте. – Л., 1969.
70. Системологія на транспорті. Дослідження операцій у транспортних системах / [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.] ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – [3-тя книга] – К. : Знання України, 2009. – 375 с.
71. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер.с англ.- М: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 913 с.
72. Ржевський С.В. Елементи теорії дослідження операцій. – К.: ЄУФІМБ,1999. – 120 с.
73. Четверухін Б. М. Дослідження операцій в транспортних системах. Частина 1. Методи лінійного програмування та їх застосування. Навчальний посібник. – К.: УТУ, 2000. – 100 с.
74. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом. Справочное пособие 2е изд., перераб. и доп. – М. Издательство «Дело и Сервис», 2004. – 544с.

75. Александрова. А. Л. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок - М.: Высш. школа, 1977. - 335 с.
76. Бируля, А. К. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1 / А. К. Бируля. - М. : Дориздат, 1948. - 347 с
77. Орнатский Н. П. Благоустройство автомобильных дорог / Н. П. Орнатский. – М. : Транспорт, 1986. – 134с.
78. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану : ДСТУ 3587-97. – [Чинний від 1998–01–01] . – Київ : Держтандарт України, 1997, 23 с. – (Національний стандарт України).
79. Бабков В.Ф. Автомобильные дороги / В.Ф. Бабков. – М. : Автотрансиздат, 1960. – 240 с.
80. Бабков В. Ф. Дорожные условия и организация движения / В. Ф. Бабков – М.: Транспорт, 1970. – 256 с.
81. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учебник для студ. высш. учеб. Заведений / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.
82. Автомобільні дороги загального користування. Капітальний ремонт. Вимоги проектування : ГБН В.2.3-218-551:2011. – [Чинний від 2012–01–01] . – Київ : Укравтодор України, 1997, 23 с. – (Галузеві будівельні норми України).
83. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с
84. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. / Д. Дрю. ; пер. с англ. Е. Г. Коваленко, Г. Д. Шерман. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.
85. Kittelson W. K. Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service //Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity. – USA, Kittelson and Associates. Inc. – 12 p.
86. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000. – 1134 p.

87. Dziubinski, M., Fratzczak, M. & Markowski, A. S. Aspects of Risk Analysis Associated with Major Failures of Fuel Pipelines, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. - 2006. - № 19. - 399-408 с.
88. Ale, B.J.M. (). Risk analysis and risk policy in the Netherlands and the EEC. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. - 1991. - № 4. P. 58 – 64
89. Oil and Gas Pipeline Systems, Guidelines for Risk Assessment of Pipelines., 2001.
90. Орлов А. І. Підходи до загальної теорії ризику / А. І. Орлов, О. В. Пугач. // Московський державний технічний університет ім. Н.Е. Баумана.
91. Рябушенко О. В. Використання методів оцінки ризиків при аналізі втрат від дорожньо-транспортних пригод / О. В. Рябушенко. // Вісник ХНАДУ. – 2013. – №61. – С. 86–90.
92. Сотнікова А.А. Ризик виникнення ДТП / А.А. Сотнікова, М.В. Сотніков [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.cs-alternativa.ru/text/2177>
93. Zhuk M. Defining Duration of Driver Reaction Time Components Using the NeuroCom Complex / M. Zhuk, V. Kovalyshyn, R. Teir // *EconTechMod. An international quarterly journal*. – 2015. – Vol. 04, No. 2. – p. 39-44.
94. Жук М. М. Дослідження впливу інформаційного навантаження на стан водія з використанням комплексу «НЕЙРОКОМ» / М. М. Жук, В. В. Ковалишин, І. А. Кисіль, Р. І. Мухар // *Сборник научных трудов «SWorld»*. – 2014. – №6(37) . – С. 36 – 40.
95. Гаврилов Э. В. Теоретические основы проектирования и организации дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей: дис. докт. техн. наук: 05.22.10 / Э. В. Гаврилов. – Х., 1990. – 450 с.
96. Постранський Т. М. Методика дослідження функціонального стану водіїв транспортних засобів / Т. М. Постранський // *Науково-виробничий журнал «Автошляховик України»*. – Київ: ДП «Державний автотранспортний науководослідний і проектний інститут», 2015. – Вип 3. – С. 30 – 34
97. Швед М. І. Основи практичної електрокардіографії / М. І. Швед, М. В. Гребеник. – Тернопіль: «Укрмедкнига», 2000. – 128 с

98. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново : Иван. гос. мед. академия, 2000. – 200 с.
99. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М. : «Медицина», 1979. – 298 с.
100. Best Heart Rate Variability Monitor [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.biohackerslab.com/reviews/best-hrv-monitor/>.
101. Heart Rate Variability (HRV) Analysis Software [Электронный ресурс] // MindWare Technologies LTD – Режим доступа до ресурсу: http://www.mindwaretech.com/product_detail.asp?ItemID=554.
102. Heart rate variability analysis software [Электронный ресурс] // BIOPAC Systems, Inc.. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.biopac.com/product/heart-rate-variability-analysis-software/>
103. Expert tools for Heart Rate analysis [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.cardiomood.com/>.
104. Базис Юнга или Как образуется социотип [Электронный ресурс]. // Социомодель – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <http://sociomodel.ru/sociotype.htm>.
105. Jung's Theory of Psychological Types and the MBTI Instrument [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.capt.org/take-mbti-assessment/mbti-overview.htm>.
106. Системологія на транспорті. Технологія наукових досліджень і технічної творчості: кн. 2 / [Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.]; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005. – 318 с.
107. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – К: «Вища школа», 1976. – 232 с.
108. Калькуляція вибірки [Електронний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://sociopolis.ua/uk/servisy/kalkulator-vybirky/>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Бланк питань та ключі до тесту МВТІ

Запитання

П. І. П. _____

Вік _____

Стаж за кермом _____

Номер маршруту _____

1. Зазвичай Ви:

- а) товариські;
- б) досить стримані і спокійні.

2. Якби Ви були викладачем, який курс Ви б вважали за краще:

- а) побудований на викладі фактів;
- б) включає в себе виклад теорій.

3. Ви частіше дозволяєте:

- а) своєму серцю керувати розумом;
- б) відповідно до свого розуму керувати серцем.

4. Коли Ви вирушаєте кудись на весь день, Ви:

- а) плануєте, що і коли будете робити;
- б) дієте без певного плану.

5. Перебуваючи в компанії, Ви зазвичай:

- а) приєднуєтеся до загального розмови;
- б) розмовляєте час від часу з кимось одним.

6. Вам легше порозумітися з людьми, які:

- а) мають багату уяву;
- б) реалістичними.

7. Більш високою похвалою Ви вважаєте слова:

- а) душевна людина;
- б) послідовно розсудлива людина.

8. Ви вважаєте за краще:

- а) заздалегідь домовлятися про зустрічі, вечірки і т.п.;
- б) мати можливість в останній момент вирішувати, як розважитися.

9. У великій компанії частіше:

- а) Ви представляєте людей один одному;
- б) Вас знайомлять з іншими.

10. Вас швидше можна назвати:

- а) людиною практичною;
- б) вигадником.

11. Зазвичай Ви:

- а) цінуєте почуття більше, ніж логіку;
- б) цінуєте логіку більше, ніж почуття.

12. Ви частіше домагаєтеся успіху:

- а) діючи в непередбачуваній ситуації, коли потрібно швидко приймати рішення;
- б) слідуючи ретельно розробленим планом.

13. Ви віддаєте перевагу:

- а) мати кілька близьких, вірних друзів;
- б) мати дружні зв'язки з різними людьми.

14. Вам більше подобаються люди, які:

- а) слідують загальноприйнятим нормам і не привертають до себе уваги;
- б) настільки оригінальні, що їм все одно, звертають на них увагу чи ні.

15. На Ваш погляд найбільший недолік - бути:

- а) бездушним;
- б) нерозсудливим.

16. Дотримання якогось розкладу:

- а) заохочує Вас;
- б) сковує Вас.

17. Серед своїх друзів Ви:

- а) пізніше інших дізнаєтеся про події в їх житті;
- б) зазвичай знаєте масу новин про них.

18. Ви б вважали за краще мати серед своїх друзів людей, які:

- а) завжди сповнені нових ідей;
- б) тверезо і реалістично дивиться на світ.

19. Ви воліли б працювати під керівництвом людини, яка:

- а) завжди добра;
- б) завжди справедлива.

20. Думка про те, щоб скласти список справ на вихідні:

- а) Вас приваблює;
- б) залишає Вас байдужим;
- в) пригнічує Вас.

21. Ви зазвичай:

- а) можете легко розмовляти практично з будь-якою людиною протягом будь-якого часу;
- б) можна тему для розмови тільки з небагатьма людьми і тільки в певних ситуаціях.

22. Коли Ви читаєте для свого задоволення, Вам подобається:

- а) незвичайна, оригінальна манера викладу;

б) коли письменники чітко висловлюють свої думки.

23. Ви вважаєте, що більше серйозний недолік:

а) бути занадто сердечним;

б) бути недостатньо сердечним.

24. У своїй повсякденній роботі:

а) Вам більше подобаються критичні ситуації, коли Вам доводиться працювати в умовах дефіциту часу;

б) ненавидите працювати в жорстких часових рамках;

в) зазвичай плануєте свою роботу так, щоб Вам вистачило часу.

25. Люди можуть визначити область Ваших інтересів:

а) при першому знайомстві з Вами;

б) лише тоді, коли дізнаються Вас ближче.

26. Виконуючи ту ж роботу, що і багато інших людей, Ви віддасте перевагу:

а) робити це традиційним способом;

б) винаходити свій власний спосіб.

27. Вас більше хвилюють:

а) почуття людей;

б) їх права.

28. Коли Вам потрібно виконати певну роботу, Ви зазвичай:

а) ретельно організовуєте все перед початком роботи;

б) волієте з'ясувати все необхідне в процесі роботи.

29. Зазвичай Ви:

а) вільно висловлюєте свої почуття;

б) тримайте свої почуття при собі.

30. Ви віддасте перевагу:

а) бути оригінальним;

б) дотримуватися загальноприйнятих норм.

31. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

а) лагідний;

б) наполегливий.

32. Коли Вам необхідно щось зробити в певний час, Ви вважаєте, що:

а) краще планувати все заздалегідь;

б) дещо неприємно бути пов'язаним цими планами.

33. Можна сказати, що Ви:

а) більш захоплено в порівнянні з іншими людьми;

б) менш захоплено, ніж більшість людей.

34. Більш високою похвалою людині буде визнання:

а) його здатність до передбачення;

б) його здоровий глузд.

35. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

а) думки;

б) почуття.

36. Зазвичай:

а) Ви віддаєте перевагу все робити в останню хвилину;

б) для Вас відкладати все до останньої хвилини - це занадто великий стрес.

37. На вечірках Вам:

а) іноді стає нудно;

б) завжди весело.

38. Ви вважаєте, що важливіше:

а) бачити різні можливості виходу з будь-якої ситуації;

б) сприймати факти такими, якими вони є.

39. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

а) переконливий;

б) зворушливий.

40. Чи вважаєте Ви, що наявність стабільного повсякденного розпорядку:

а) дуже зручно для виконання багатьох справ;

б) обтяжливо, навіть коли це необхідно.

41. Коли щось входить в моду, Ви зазвичай:

а) одним з перших іспробуєте це;

б) мало цим цікавитеся.

42. Ви швидше:

а) дотримуєтеся загальноприйнятих методів у роботі;

б) шукаєте, що ще не так, і беретеся за нерозв'язані проблеми.

43. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

а) аналізувати;

б) співпереживати.

44. Коли Ви думаєте про те, що треба зробити якусь не дуже важливу справу або купити якусь дрібну річ, Ви:

а) часто забуваєте про це і згадуєте занадто пізно;

б) записуєте це на папері, щоб не забути;

в) завжди виконуєте це без додаткових нагадувань.

45. Дізнатися, що Ви за людина:

а) досить легко;

б) досить важко.

46. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) факти;
- б) ідеї.

47. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) справедливість;
- б) співчуття.

48. Вам важче пристосуватися:

- а) до одноманітності;
- б) до постійних змін.

49. Опинившись в скрутній ситуації, Ви зазвичай:

- а) переводите розмову на інше;
- б) звертаєте все в жарт;
- в) через кілька днів думаєте, що Вам слід було сказати.

50. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) затвердження;
- б) ідея.

51. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) співчуття;
- б) розважливність.

52. Коли Ви починаєте якийсь велике діло, яке забере у Вас тиждень, Ви:

- а) складаєте спочатку список того, що потрібно зробити і в якому порядку;
- б) відразу беретеся за роботу.

53. Ви вважаєте, що Вашим близьким відомі Ваші думки:

- а) досить добре;
- б) лише тоді, коли Ви навмисно повідомляєте про них.

54. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) теорія;
- б) факт.

55. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) вигода;
- б) благодіяння.

56. Виконуючи будь-яку роботу, Ви зазвичай:

- а) плануєте роботу таким чином, щоб закінчити з запасом часу;
- б) в останній момент працюєте з найвищою продуктивністю.

57. Будучи на вечірці, Ви віддасте перевагу:

- а) брати активну участь у розвитку подій;

б) надасте іншим розважатися, як їм хочеться.

58. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) буквальный;
- б) фігуральний.

59. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) рішучий;
- б) відданий.

60. Якщо в вихідний вранці Вас запитують, що Ви збираєтеся зробити протягом дня, Ви:

- а) зможете досить точно відповісти;
- б) перерахуйте вдвічі більше справ, ніж зможете зробити;
- в) вважатиме за краще не загадувати наперед.

61. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) енергійний;
- б) спокійний.

62. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) образний;
- б) прозаїчний.

63. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) непоступливий;
- б) добросердий.

64. Одноманітність повсякденних справ здається Вам:

- а) спокійним;
- б) виснажливим.

65. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) стриманий;
- б) говіркий.

66. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) виробляти;
- б) створювати.

67. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) миротворець;
- б) суддя.

68. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) запланований;
- б) позаплановий.

69. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) спокійний;

б) жвавий.

70. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) розсудливий;
- б) чарівний.

71. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) м'який;
- б) твердий.

72. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) методичний;
- б) спонтанний.

73. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) говорити;
- б) писати.

74. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) виробництво;
- б) планування.

75. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) прощати;
- б) дозволяти.

76. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) систематичний;
- б) випадковий.

77. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) товариський;
- б) замкнутий.

78. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) конкретний;
- б) абстрактний.

79. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) хто;
- б) що.

80. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) імпульс;
- б) рішення.

81. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) вечірка;
- б) театр.

82. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) споруджувати;
- б) винаходити.

83. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) некритичний;
- б) критичний.

84. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) пунктуальний;
- б) вільний.

85. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) підстава;
- б) вершина.

86. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) обережний;
- б) довірливий.

87. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) мінливий;
- б) незмінний.

88. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) теорія;
- б) практика.

89. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) погоджуватися;
- б) дискутувати.

90. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) дисциплінований;
- б) безтурботний.

91. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) знак; б) символ.

92. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) стрімкий; б) ретельний.

93. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) приймати; б) змінювати.

94. Яке слово з пари (А або Б) Вам більше подобається:

- а) відомий б) невідомий.

Бланк відповідей типологічного опитувальника МВТІ

П. І. П. _____

Вік _____

Стаж за кермом _____

E - I				S - N				T - F				J - P			
NN	E	I		NN	S	N		NN	T	F		NN	J	P	
1	a	б		2	a	б		3	a	б		4	a	б	
5	a	б		6	a	б		7	a	б		8	a	б	
9	a	б		10	a	б		11	a	б		12	a	б	
13	a	б		14	a	б		15	a	б		16	a	б	
17	a	б		18	a	б		19	a	б		20	a	б	
21	a	б		22	a	б		23	a	б		24	a	б	
25	a	б		26	a	б		27	a	б		28	a	б	
29	a	б		30	a	б		31	a	б		32	a	б	
33	a	б		34	a	б		35	a	б		36	a	б	
37	a	б		38	a	б		39	a	б		40	a	б	
41	a	б		42	a	б		43	a	б		44	a	б	
45	a	б		46	a	б		47	a	б		48	a	б	
49	a	б	в	50	a	б		51	a	б		52	a	б	
53	a	б		54	a	б		55	a	б		56	a	б	
57	a	б		58	a	б		59	a	б		60	a	б	
61	a	б		62	a	б		63	a	б		64	a	б	
65	a	б		66	a	б		67	a	б		68	a	б	
69	a	б		70	a	б		71	a	б		72	a	б	
73	a	б		74	a	б		75	a	б		76	a	б	
77	a	б		78	a	б		79	a	б		80	a	б	
81	a	б		82	a	б		83	a	б		84	a	б	
				85	a	б		86	a	б		87	a	б	
				88	a	б		89	a	б		90	a	б	
				91	a	б						92	a	б	
				93	a	б									
Сума				Сума:				Сума:				Сума			
Перевага				Перевага				Перевага				Перевага			

Ключ до типологічного опитувальника МВТІ

П. І. П. _____

Вік _____

Стаж за кермом _____

E - I				S - N				T - F				J - P			
NN		E	I	NN		S	N	NN		T	F	NN		J	P
1	a б	2 -	- 2	2	a б	2 -	- 2	3	a б	1(2) -	2(1) -	4	a б	2 -	- 2
5	a б	1 -	- 2	6	a б	- 1	2 -	7	a б	- 2(2)	1(1) -	8	a б	2 -	- 1
9	a б	2 -	- 2	10	a б	2 -	- 2	11	a б	- 2	2 -	12	a б	- 1	1 -
13	a б	- 2	1 -	14	a б	1 -	- 2	15	a б	- -	2 -	16	a б	2 -	- 2
17	a б	- 2	1 -	18	a б	- 2	1 -	19	a б	- -	2(1) -	20	a б в	1 -	- 1
21	a б	2 -	- 2	22	a б	- 1	- -	23	a б	1 -	- -	24	a б в	- 1	1 -
25	a б	1 -	- 1	26	a б	1 -	- 1	27	a б	- 2(1)	- -	28	a б	1 -	- 2
29	a б	1 -	- -	30	a б	1 -	- -	31	a б	- 2	1 -	32	a б	1 -	- 1
33	a б	1 -	- 1	34	a б	- 1	2 -	35	a б	2(2) -	- 1(2)	36	a б	- 1	1 -
37	a б	- 2	1 -	38	a б	- 1	- -	39	a б	2 -	- 1(2)	40	a б	- -	1 2
41	a б	- -	- 2	42	a б	2 -	- -	43	a б	1(2) -	- 2	44	a б в	- 1	1 -
45	a б	1 -	- 2	46	a б	2 -	- 1	47	a б	1 -	- 2	48	a б	- 1	1 -
49	a б в	- 1 -	- 2	50	a б	2 -	- 1	51	a б	- 2	1 -	52	a б	2 -	- 1
53	a б	1 -	- 1	54	a б	- 1	2 -	55	a б	1 -	- 1	56	a б	- -	1 -
57	a б	1 -	- 2	58	a б	1 -	- 1	59	a б	1 -	- 2(1)	60	a б в	- -	- 1
61	a б	1 -	- 2	62	a б	- 2	- -	63	a б	2 -	- -	64	a б	1 -	- -
65	a б	- 2	1 -	66	a б	2 -	- -	67	a б	- 2	- -	68	a б	2 -	- 2
69	a б	- 1	1 -	70	a б	2 -	- -	71	a б	- 2	- -	72	a б	2 -	- 2
73	a б	- -	- 1	74	a б	1 -	- 1	75	a б	- 2	- -	76	a б	2 -	- 2
77	a б	1 -	- 1	78	a б	1 -	- 2	79	a б	- 1	- -	80	a б	- 1	2 -
81	a б	1 -	- -	82	a б	2 -	- 1	83	a б	- 1	1 -	84	a б	1 -	- 1
				91	a б	1 -	- -					92	a б	- -	1 -
				93	a б	1 -	- -								
				94	a б	1 -	- 1								
Сума				Сума				Сума:				ума:			
Перевага				Перевага				Перевага				Перевага			

ТИП:

Додаток Б

Результати досліджень показників функціонального стану водіїв

Таблиця Б.1

Результати дослідження ІН та Ті водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за різної інтенсивності руху

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ті	N	ІН	Ті	N	ІН	Ті
1	40	194	45	40	206	44	40	234	40
2	40	193	52	42	201	50	41	223	46
3	46	185	50	48	192	48	51	214	44
4	46	190	49	48	205	46	50	226	41
5	56	188	49	58	203	47	60	231	42
6	56	184	46	54	202	45	54	221	41
7	57	190	49	56	203	47	58	236	42
8	57	174	47	58	179	43	60	203	39
9	57	193	45	55	203	44	58	221	39
10	64	183	52	67	194	50	67	231	44
11	68	195	50	70	201	50	70	229	45
12	69	176	48	72	192	46	72	213	43
13	69	187	48	67	206	46	71	243	41
14	73	195	47	72	201	43	77	227	39
15	83	191	49	84	197	48	86	236	43
16	92	193	48	95	199	46	96	219	42
17	92	184	51	93	201	47	96	223	44
18	98	179	47	95	192	46	93	228	42

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
19	98	175	51	100	184	48	104	217	44
20	99	192	50	96	207	47	99	236	43
21	100	215	42	97	230	41	94	255	37
22	102	219	41	102	230	38	109	264	35
23	106	214	41	110	220	39	116	245	37
24	106	218	43	110	225	40	110	258	37
25	115	208	43	117	216	43	117	249	39
26	117	218	40	119	235	38	119	264	34
27	117	214	44	119	227	43	123	252	40
28	119	212	42	123	227	39	126	252	35
29	121	217	45	117	228	44	116	253	41
30	121	220	39	117	231	38	124	263	35
31	149	218	42	142	229	39	140	256	36
32	152	217	42	147	230	41	144	260	38
33	156	219	39	158	230	36	156	258	33
34	158	218	40	164	231	39	159	252	36
35	162	207	41	156	221	39	151	255	36
36	164	210	45	171	227	42	181	263	39
37	167	209	39	164	224	38	175	250	36
38	170	215	44	167	232	43	177	274	39
39	183	206	40	192	220	38	198	258	34
40	211	149	35	207	158	33	201	177	31
41	269	148	33	266	161	31	277	177	29
42	287	152	34	293	157	33	296	186	31
43	288	169	33	300	186	32	291	216	30

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
44	290	150	33	287	155	32	299	171	29
45	299	144	31	314	156	30	320	185	27
46	312	152	30	296	157	29	293	178	25
47	331	162	34	348	170	32	355	196	30
48	354	151	32	372	162	30	361	192	27
49	364	164	34	371	169	33	364	189	30
50	371	153	33	364	158	31	385	189	29
51	388	161	33	396	172	32	408	207	28
52	397	145	30	397	158	29	393	186	27
53	412	204	31	396	224	30	388	247	28
54	414	211	36	414	224	35	414	250	33
55	415	210	29	398	231	28	422	273	26
56	419	213	36	411	234	34	423	276	31
57	432	202	31	441	220	29	467	251	27
58	433	210	33	420	216	30	424	238	28
59	434	205	34	443	213	33	429	245	29
60	448	193	35	461	210	33	480	248	31
61	456	205	37	438	221	36	442	263	33
62	462	201	37	462	207	34	453	236	32
63	474	206	31	479	222	30	507	243	28
64	477	210	31	496	231	31	526	252	28
65	479	203	37	498	209	36	503	228	33
66	486	203	33	496	215	30	530	250	27
67	488	213	36	508	219	35	492	257	32
68	489	215	37	494	237	34	509	279	31

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
69	496	206	33	476	216	32	509	260	29
70	507	191	32	532	197	30	543	216	27
71	507	201	32	507	215	32	517	237	29
72	512	192	31	497	200	30	517	226	27
73	512	215	37	507	232	35	542	260	31
74	535	193	34	514	212	34	550	255	30
75	535	191	30	508	201	28	539	237	26
76	637	187	38	650	204	35	695	245	32
77	644	188	34	612	205	32	630	223	29
78	652	189	32	685	204	31	705	231	28
79	667	178	34	634	185	34	678	211	30
80	669	198	36	702	210	35	695	250	31
81	672	181	35	638	188	34	626	218	32
82	683	181	36	717	199	34	710	227	31
83	683	189	36	690	208	34	690	249	31
84	694	189	33	701	208	32	701	247	29
85	696	178	38	689	185	36	696	217	33
86	697	191	37	697	201	35	704	227	33
87	705	181	35	698	194	33	719	221	31
88	708	180	37	708	198	37	687	236	34
89	709	198	32	723	210	30	709	250	28
90	713	188	33	684	205	31	678	223	29
91	714	185	33	685	204	31	665	228	29
92	721	185	35	743	196	34	728	233	30
93	721	183	33	707	201	32	692	242	29

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
94	726	192	38	726	198	37	755	229	34
95	736	176	35	707	181	34	707	205	31
96	761	190	36	791	207	33	815	226	31
97	773	190	36	781	196	35	835	221	31
98	775	190	33	814	201	33	846	242	30
99	776	176	38	760	183	37	814	201	34
100	780	191	32	788	202	31	796	227	28
101	783	181	37	775	188	36	798	220	34
102	786	197	32	810	209	32	850	246	30
103	804	193	33	804	203	32	812	239	29
104	807	191	35	823	204	34	815	227	31
105	809	210	34	825	221	31	833	240	29
106	811	186	37	779	201	36	771	237	33
107	813	185	35	813	191	33	821	217	30
108	820	208	36	812	223	36	828	263	32
109	824	200	33	799	218	32	775	255	29
110	826	178	36	834	183	35	876	220	32
111	827	168	34	868	181	32	842	203	29
112	827	221	37	868	239	35	886	282	31
113	835	191	36	810	201	34	802	223	31
114	835	224	32	868	246	30	860	293	28
115	839	234	34	839	250	33	864	295	29
116	843	185	32	851	200	30	826	232	28
117	844	171	36	810	186	35	794	218	32
118	853	173	35	819	187	35	827	211	31
119	861	179	33	852	192	31	912	211	28

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
120	869	183	36	860	201	35	852	238	32
121	870	187	37	914	202	37	923	238	33
122	871	234	32	888	255	30	897	306	27
123	871	165	32	836	178	30	845	198	28
124	873	190	35	847	205	33	830	244	31
125	874	234	33	848	257	31	822	281	29
126	876	164	35	894	172	32	876	193	30
127	879	222	36	879	242	34	879	283	30
128	879	194	33	835	208	32	860	243	29
129	896	209	32	914	226	31	932	257	29
130	896	206	37	923	214	36	904	242	32
131	916	175	35	889	186	33	897	217	30
132	921	180	36	939	194	34	1005	212	31
133	924	193	32	906	207	31	942	233	28
134	927	204	32	908	210	31	936	237	29
135	935	176	35	916	187	32	907	220	30
136	944	204	34	963	214	32	944	246	30
137	955	232	37	945	251	37	1012	283	34
138	957	172	32	928	187	30	993	212	28
139	972	231	33	1021	254	32	1082	297	30
140	998	229	32	1028	240	29	997	262	28
141	1213	251	32	1237	269	32	1287	298	30
142	1216	264	28	1228	282	27	1204	308	24
143	1330	247	29	1277	259	27	1302	311	25
144	1352	253	29	1420	266	28	1491	303	26
145	1399	261	31	1441	274	30	1470	299	28

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
146	1695	324	33	1729	340	33	1815	398	31
147	1703	328	28	1669	351	26	1619	390	24
148	1732	324	33	1663	337	31	1696	404	29
149	1747	329	31	1764	355	30	1853	412	27
150	1754	315	32	1772	324	29	1736	367	28
151	1760	320	31	1690	352	29	1791	408	26
152	1790	311	29	1754	342	27	1754	380	24
153	1795	315	28	1813	331	27	1777	380	24
154	1815	264	22	1779	277	20	1761	308	19
155	1827	263	22	1900	281	20	1881	312	18
156	1831	265	23	1849	273	22	1905	306	20
157	1854	261	26	1947	269	25	2083	293	23
158	1867	290	28	1830	316	27	1830	364	25
159	1872	282	27	1947	290	25	2025	340	22
160	1878	266	28	1897	277	27	2011	304	24
161	1885	282	23	1923	302	22	2057	329	20
162	1889	265	26	1813	273	24	1777	322	23
163	1912	266	24	1893	282	23	1893	319	21
164	1913	284	27	1990	304	25	2129	365	23
165	1934	279	26	1934	307	26	1992	341	23
166	1937	266	22	1898	282	20	1993	310	18
167	1939	289	27	1939	306	26	2075	361	24
168	1962	289	22	1864	315	21	1845	353	20
169	1963	283	22	1884	308	20	1903	367	19
170	1966	277	24	2045	299	22	2045	335	20
171	1969	267	26	1910	283	25	1948	317	23

Продовження таблиці Б.1

Група 1			Група 2				Група 3		
№	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti	N	ІН	Ti
172	1971	287	23	2010	307	23	2031	341	20
173	1985	263	25	2025	274	24	1964	315	23
174	2014	289	27	2115	318	25	2094	366	24
175	2058	310	26	2079	332	24	2016	398	23
176	2075	295	29	2137	319	28	2180	379	25
177	2093	308	27	2135	320	27	2220	349	25
178	2095	289	29	2011	306	29	2051	361	26
179	2098	306	28	2077	315	26	2160	347	24
180	2108	302	27	2003	329	26	2123	375	24

Таблиця Б.2

Результати дослідження ІН та Ti водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за різної щільності транспортного потоку

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ti	q	ІН	Ti	q	ІН	Ti
1	2	152	44	2	155	43	2	167	41
2	2	189	43	2	198	41	2	226	36
3	2	152	41	2	158	39	2	171	35
4	2	169	39	2	169	36	2	183	33
5	3	178	53	3	183	51	3	213	48
6	3	173	49	3	187	48	3	215	43
7	3	198	49	3	208	46	3	231	43
8	3	195	53	3	213	50	3	234	47

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті
9	3	152	54	3	163	51	3	179	49
10	3	166	51	3	174	49	3	193	46
11	4	161	50	4	167	48	4	186	43
12	4	180	55	4	180	51	4	207	46
13	4	183	52	4	194	49	4	206	44
14	4	196	48	4	210	47	4	239	45
15	4	154	50	4	162	47	4	179	42
16	5	169	40	5	176	39	5	192	35
17	5	162	53	5	170	50	5	197	45
18	5	185	55	5	181	51	5	196	47
19	5	174	54	5	183	51	5	205	48
20	5	155	55	5	158	52	5	179	49
21	5	171	42	5	183	39	5	203	35
22	5	177	46	5	184	44	5	193	39
23	5	175	43	5	186	41	5	204	39
24	6	158	41	6	166	39	6	178	36
25	6	193	41	6	197	38	6	224	34
26	7	170	49	7	180	47	7	204	44
27	7	171	40	7	186	39	7	203	35
28	7	179	54	7	183	53	7	203	48
29	7	166	54	7	173	51	7	197	46
30	7	200	40	7	202	38	7	230	37
31	7	195	45	7	205	44	7	235	39
32	8	166	41	8	181	39	8	210	37
33	8	184	45	8	190	43	9	210	39
34	8	157	38	8	171	36	8	197	34

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті
35	8	161	39	8	166	37	8	192	33
36	9	153	49	9	156	48	9	169	45
37	9	184	55	9	180	52	9	197	46
38	9	177	39	9	189	36	9	220	32
39	9	187	45	9	185	44	9	207	42
40	10	177	42	11	173	41	10	182	40
41	12	158	55	12	160	53	12	180	51
42	12	197	53	12	195	50	13	220	45
43	12	194	55	12	190	52	12	209	48
44	13	161	42	13	159	41	14	175	37
45	13	161	46	14	172	44	14	181	39
46	13	165	46	12	180	45	13	205	42
47	14	178	55	14	174	52	14	202	50
48	14	176	41	14	174	39	14	195	36
49	14	173	49	14	178	46	15	196	43
50	14	186	45	13	182	44	14	202	42
51	14	175	38	14	177	36	14	200	33
52	14	181	54	14	194	51	14	207	49
53	14	193	46	14	197	44	14	209	42
54	15	158	41	16	164	39	15	173	37
55	15	165	50	16	163	47	15	180	43
56	15	189	54	15	195	52	15	218	50
57	15	189	51	15	197	50	15	214	45
58	15	168	42	15	175	39	15	189	36
59	15	185	39	15	191	38	15	215	36
60	15	167	48	14	172	47	14	181	43

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті
61	15	170	38	16	168	36	15	195	32
62	15	160	38	15	158	36	14	182	33
63	16	193	55	16	189	53	15	210	49
64	16	163	47	17	174	46	17	199	43
65	16	190	45	16	186	44	17	205	41
66	16	182	53	17	189	51	17	216	49
67	17	160	38	17	174	35	18	190	34
68	17	169	53	18	171	50	18	195	45
69	18	181	42	19	197	40	18	223	38
70	18	194	49	18	206	46	18	220	44
71	18	179	50	18	190	49	19	203	44
72	19	172	55	20	174	52	19	198	50
73	19	154	40	19	151	39	18	161	36
74	19	179	48	18	177	46	19	186	41
75	20	171	36	21	183	35	21	207	32
76	21	193	50	20	207	48	20	227	44
77	21	201	50	22	203	49	21	215	45
78	21	195	36	22	213	35	21	240	32
79	21	194	38	20	204	37	20	234	35
80	22	202	44	22	220	42	23	255	40
81	22	227	48	21	236	45	20	248	43
82	22	195	38	21	197	36	22	228	32
83	22	210	45	21	210	42	22	242	38
84	22	173	35	21	173	33	21	195	30
85	23	222	43	23	224	40	24	260	38
86	23	218	41	22	238	38	22	276	35

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті
87	23	198	48	23	208	45	24	237	40
88	23	220	39	22	231	37	22	243	34
89	23	217	44	22	213	43	22	240	41
90	23	172	50	23	184	48	23	202	45
91	23	210	45	24	214	43	25	229	39
92	23	171	34	23	169	33	25	195	31
93	23	189	49	22	189	48	23	214	43
94	24	194	38	24	208	37	24	226	33
95	24	194	48	23	192	47	22	215	44
96	25	211	48	26	219	47	24	244	45
97	25	204	46	26	222	43	27	245	38
98	25	202	34	26	220	32	27	253	30
99	25	212	37	26	210	35	25	222	32
100	26	193	42	25	208	40	26	231	39
101	26	183	48	27	187	45	25	203	42
102	26	204	50	26	220	49	26	245	46
103	26	184	39	27	182	36	26	193	33
104	26	215	37	25	232	36	26	269	33
105	26	179	35	25	193	33	26	224	30
106	27	223	39	28	234	36	27	258	34
107	27	223	46	28	225	43	28	241	38
108	27	178	43	26	185	41	26	198	38
109	27	212	35	26	216	33	26	236	31
110	27	183	43	26	199	42	25	213	38
111	27	223	39	28	225	38	29	243	36
112	28	174	40	29	181	37	29	197	33

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті
113	29	172	49	30	174	47	31	198	44
114	29	226	46	28	226	45	27	255	41
115	29	172	38	30	187	36	28	201	34
116	30	177	35	29	175	34	31	187	31
117	30	174	37	31	184	36	32	210	33
118	32	173	36	33	176	35	35	191	34
119	33	211	47	33	217	44	35	237	42
120	35	207	44	33	215	42	32	230	40
121	35	190	46	36	200	43	34	209	40
122	36	175	37	35	172	35	34	182	32
123	37	186	39	39	197	37	37	211	34
124	37	204	35	37	218	34	35	229	32
125	37	178	36	37	182	34	37	191	31
126	38	187	41	40	185	39	40	207	35
127	39	221	35	37	228	34	37	259	33
128	39	217	44	37	226	42	36	255	39
129	39	207	34	40	217	32	38	233	29
130	41	226	39	40	228	37	38	240	34
131	44	238	33	42	259	31	41	298	29
132	44	211	32	46	217	31	45	248	28
133	45	243	40	45	258	38	43	294	37
134	45	232	35	45	239	33	47	258	31
135	45	221	38	45	232	36	47	246	33
136	46	244	39	45	249	37	45	279	34
137	46	253	40	45	253	38	42	271	34
138	47	218	38	47	235	36	47	252	32

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті	q	ІН	Ті
139	47	244	32	49	256	30	48	297	29
140	49	229	32	50	243	30	50	277	27
141	56	219	37	55	215	34	53	227	33
142	57	220	38	55	229	37	54	261	34
143	59	216	32	61	222	31	61	254	29
144	60	262	34	63	275	33	62	305	30
145	61	289	31	60	289	29	60	329	27
146	67	262	32	64	275	30	60	319	29
147	71	276	33	68	270	31	70	308	29
148	73	279	37	69	285	36	72	330	33
149	73	282	37	75	296	36	75	323	34
150	74	273	28	77	295	26	79	318	24
151	75	263	28	77	274	26	77	295	24
152	76	287	33	74	293	31	74	325	30
153	76	278	33	72	275	32	76	294	29
154	80	292	28	78	304	27	78	328	24
155	82	284	32	79	281	30	76	301	29
156	82	286	28	80	280	27	76	317	25
157	83	276	33	85	273	32	81	292	30
158	83	288	27	84	294	25	80	311	24
159	85	281	32	88	301	30	90	316	27
160	87	277	27	87	271	26	90	304	24
161	87	289	27	84	309	26	81	325	23
162	88	296	27	92	320	26	95	358	24
163	88	284	32	84	310	30	84	347	28
164	89	292	26	93	304	24	91	331	23

Продовження таблиці Б.2

Група 1				Група 2			Група 3		
№	q	ІН	Ti	q	ІН	Ti	q	ІН	Ti
165	91	283	28	94	297	26	91	330	23
166	93	286	26	91	295	24	93	330	23
167	95	278	30	98	286	29	102	318	27
168	95	274	29	96	282	28	97	325	26
169	98	300	31	94	321	30	97	369	27
170	99	273	28	100	270	26	98	297	24
171	122	296	30	127	317	29	127	364	27
172	124	291	28	130	308	27	125	352	24
173	125	302	30	128	299	29	130	335	26
174	127	305	26	124	323	25	124	352	23
175	129	296	27	124	290	26	125	310	25
176	129	307	24	130	310	23	124	353	21
177	131	310	28	134	338	27	134	392	24
178	131	305	28	126	332	27	131	372	24
179	132	307	27	129	304	26	135	340	24
180	133	300	25	133	303	24	126	318	22
181	133	299	27	136	293	26	138	308	25
182	133	303	30	128	303	28	121	318	27
183	135	294	29	130	320	28	133	356	26
184	139	300	25	132	306	24	139	355	22
185	140	311	27	137	333	25	136	356	23
186	140	304	25	146	328	24	140	371	23
187	141	311	26	145	323	25	152	362	24
188	141	313	25	145	310	25	150	335	23
189	141	301	26	145	301	25	142	328	22
190	148	312	26	154	337	24	159	377	22

Таблиця Б.3

Результати дослідження ІН та Ті водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за різного рівня завантаження дороги рухом

Група 1			Група 2			Група 3			
№	Z	ІН	Ті	Z	ІН	Ті	Z	ІН	Ті
1	0,09	197	49	0,09	193	47	0,09	205	41
2	0,26	172	54	0,27	184	53	0,26	221	46
3	0,22	176	43	0,23	176	38	0,24	195	34
4	0,25	176	44	0,26	187	41	0,27	201	35
5	0,26	170	47	0,26	175	46	0,27	189	42
6	0,15	186	54	0,15	201	52	0,15	217	46
7	0,17	179	55	0,16	193	48	0,17	220	41
8	0,28	189	49	0,29	195	48	0,30	222	39
9	0,28	169	45	0,27	183	43	0,28	208	38
10	0,15	200	48	0,15	202	42	0,15	214	35
11	0,18	188	49	0,18	192	47	0,18	228	42
12	0,29	179	48	0,28	193	43	0,28	230	36
13	0,49	230	41	0,47	235	40	0,49	267	34
14	0,32	208	37	0,32	218	36	0,34	236	30
15	0,35	260	37	0,34	265	35	0,34	305	29
16	0,4	241	36	0,39	253	33	0,39	288	27
17	0,33	211	41	0,33	228	37	0,34	271	31
18	0,49	250	34	0,47	253	31	0,46	295	28
19	0,4	270	33	0,42	267	31	0,43	315	29
20	0,38	218	36	0,38	235	34	0,39	271	28
21	0,49	233	34	0,50	235	31	0,49	285	26

Продовження таблиці Б.3

Група 1			Група 2			Група 3			
№	Z	ІН	Ті	Z	ІН	Ті	Z	ІН	Ті
22	0,32	233	34	0,33	231	30	0,35	254	24
23	0,42	236	36	0,41	248	32	0,43	287	26
24	0,49	264	42	0,48	280	41	0,48	313	34
25	0,36	231	35	0,35	231	33	0,35	256	27
26	0,56	302	31	0,55	326	30	0,55	369	27
27	0,63	284	30	0,62	281	29	0,64	323	26
28	0,57	289	32	0,54	283	28	0,56	331	24
29	0,66	317	26	0,69	323	24	0,69	359	20
30	0,8	295	25	0,84	310	24	0,89	335	19
31	0,6	276	32	0,59	273	30	0,59	328	25
32	0,59	304	30	0,61	298	28	0,60	358	25
33	0,56	272	30	0,58	277	29	0,58	319	24
34	0,64	273	28	0,64	270	27	0,62	286	22
35	0,94	293	31	0,93	305	30	0,90	353	27
36	0,63	278	27	0,63	295	24	0,67	327	22

Таблиця Б.4

Результати дослідження зміни ІН та Ті залежно від величини радіусів горизонтальних кривих, водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за межами населеного пункту за рівня завантаження $Z \geq 0,5$

Група 1			Група 2			Група 3			
№	R	ІН	Ті	R	ІН	Ті	R	ІН	Ті
1	832	192	34	832	168	39	208	37	208

Продовження таблиці Б.4

Група 1			Група 2			Група 3			
№	R	И	Ti	R	И	Ti	R	И	Ti
2	784	217	33	784	229	36	261	31	261
3	762	259	30	762	174	41	210	36	210
4	742	226	32	742	170	42	184	36	184
5	737	209	33	737	226	37	266	32	266
6	687	327	27	687	253	32	286	30	286
7	684	208	34	684	146	40	181	37	181
8	642	235	32	642	191	39	227	34	227
9	633	283	30	633	260	32	297	30	297
10	587	310	25	587	212	37	295	31	295
11	523	251	30	523	249	34	305	31	305
12	512	329	28	512	195	38	249	33	249
13	500	268	28	500	302	30	338	26	338
14	490	347	26	490	232	35	255	30	255
15	489	343	25	489	282	31	387	25	387
16	489	289	27	489	232	36	253	32	253
17	487	363	23	487	364	27	414	22	414
18	487	330	28	487	302	30	354	26	354
19	471	295	27	471	328	30	387	24	387
20	465	365	26	465	338	27	402	22	402
21	462	335	26	462	314	28	373	26	373
22	453	416	23	453	413	22	497	16	497
23	442	466	18	442	371	27	419	22	419
24	440	345	26	440	334	29	395	22	395
25	432	382	24	432	300	29	383	24	383
26	431	373	24	431	352	26	416	21	416

Продовження таблиці Б.4

Група 1			Група 2			Група 3			
№	R	И	Ti	R	И	Ti	R	И	Ti
27	429	497	17	429	379	24	453	20	453
28	429	297	27	429	266	33	306	27	306
29	428	370	25	428	318	28	366	26	366
30	419	442	20	419	425	21	467	17	467
31	413	370	23	413	404	22	440	19	440
32	410	469	19	410	328	26	416	23	416
33	386	461	17	386	365	25	443	20	443
34	366	428	20	366	317	31	330	27	330
35	361	401	21	361	382	22	469	17	469
36	348	403	20	348	320	29	409	23	409
37	342	461	15	342	375	23	431	20	431
38	337	433	17	337	365	25	419	20	419
39	316	402	19	316	432	23	515	16	515
40	311	490	17	311	358	23	425	19	425
41	309	474	18	309	416	23	454	18	454
42	294	449	20	294	461	20	568	13	568
43	292	421	19	292	362	26	424	21	424
44	281	450	20	281	383	22	450	18	450
45	278	421	19	278	444	22	501	15	501
46	276	424	17	276	420	18	507	14	507
47	267	387	21	267	386	24	504	17	504
48	267	461	18	267	337	28	435	20	435
49	265	397	19	265	368	25	447	20	447
50	256	419	18	256	472	18	601	11	601

Таблиця Б.5

Результати дослідження зміни ІН та Ті залежно від величини радіусів горизонтальних кривих, водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за межами населеного пункту за рівня завантаження $Z \leq 0,5$

Група 1			Група 2			Група 3			
№	R	ІН	Ті	R	ІН	Ті	R	ІН	Ті
1	832	178	38	832	153	40	832	174	38
2	784	209	35	784	218	35	784	242	33
3	762	242	33	762	163	39	762	181	37
4	742	202	36	742	149	40	742	164	39
5	737	187	37	737	205	36	737	234	33
6	687	277	30	687	243	33	687	265	31
7	684	178	38	684	143	41	684	166	39
8	642	212	35	642	172	38	642	194	36
9	633	236	33	633	243	33	633	265	31
10	587	298	28	587	210	35	587	250	32
11	523	237	33	523	231	33	523	263	31
12	512	272	30	512	193	37	512	214	35
13	500	258	31	500	265	31	500	313	27
14	490	294	28	490	209	35	490	236	33
15	489	301	28	489	271	30	489	325	26
16	489	273	30	489	213	35	489	234	33
17	487	339	25	487	319	26	487	354	24
18	487	280	30	487	263	31	487	313	27
19	471	273	30	471	285	29	471	336	25
20	465	302	28	465	307	27	465	350	24
21	462	291	29	462	285	29	462	316	27

Продовження таблиці Б.5

Група 1			Група 2			Група 3			
№	R	И	Ti	R	И	Ti	R	И	Ti
22	453	347	24	453	379	22	453	436	17
23	442	412	19	442	331	25	442	367	23
24	440	295	28	440	304	28	440	350	24
25	432	321	26	432	297	28	432	342	25
26	431	316	27	431	326	26	431	365	23
27	429	421	18	429	358	23	429	397	20
28	429	268	31	429	253	32	429	281	30
29	428	311	27	428	289	29	428	321	26
30	419	381	21	419	376	22	419	429	18
31	413	339	25	413	354	24	413	396	20
32	410	391	21	410	312	27	410	353	24
33	386	427	18	386	338	25	386	379	22
34	366	379	22	366	278	30	366	303	28
35	361	371	22	361	364	23	361	419	18
36	348	384	21	348	296	28	348	343	25
37	342	443	17	342	350	24	342	392	21
38	337	412	19	337	329	26	337	388	21
39	316	383	21	316	376	22	316	440	17
40	311	422	18	311	351	24	311	393	21
41	309	409	19	309	365	23	309	402	20
42	294	384	21	294	401	20	294	477	14
43	292	401	20	292	332	25	292	385	21
44	281	378	22	281	375	22	281	416	19
45	278	386	21	278	386	21	278	459	15
46	276	412	19	276	412	19	276	470	14
47	267	376	22	267	368	23	267	423	18

Продовження таблиці Б.5

Група 1			Група 2			Група 3			
№	R	ИН	Ti	R	ИН	Ti	R	ИН	Ti
48	267	401	20	267	321	26	267	382	21
49	265	385	21	265	347	24	265	389	21
50	256	407	19	256	421	18	256	505	12

Таблиця Б.6

Результати дослідження зміни ИН та Ti залежно від величини поздовжніх ухилів, водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за межами населеного пункту за рівня завантаження $Z \leq 0,5$

Група 1			Група 2			Група 3			
№	i	ИН	Ti	i	ИН	Ti	i	ИН	Ti
1	5	152	40	5	174	38	5	173	38
2	7	183	37	7	216	35	7	203	36
3	7	148	40	7	150	40	7	164	39
4	8	256	31	8	173	38	8	282	29
5	9	163	39	9	169	38	9	186	37
6	9	142	41	9	146	40	9	155	40
7	9	152	40	9	241	33	9	176	38
8	11	121	42	11	117	43	11	137	41
9	13	179	38	13	174	38	13	195	36
10	13	153	40	13	264	31	13	182	37
11	17	204	36	17	209	35	17	233	33
12	21	267	31	21	246	32	21	296	28
13	23	152	40	23	132	41	23	179	38
14	23	185	37	23	190	37	23	209	35
15	23	269	30	23	271	30	23	323	26

Продовження таблиці Б.6

Група 1			Група 2			Група 3			
№	i	ІН	Тi	i	ІН	Тi	i	ІН	Тi
16	24	207	35	24	221	34	24	228	34
17	25	295	28	25	202	36	25	327	26
18	26	219	34	26	236	33	26	261	31
19	27	316	27	27	263	31	27	373	22
20	31	237	33	31	229	34	31	270	30
21	34	303	28	34	312	27	34	336	25
22	35	241	33	35	234	33	35	277	30
23	37	389	21	37	304	28	37	432	17
24	37	269	30	37	273	30	37	309	27
25	38	281	29	38	284	29	38	323	26
26	38	290	29	38	271	30	38	325	26
27	38	288	29	38	384	21	38	320	26
28	41	249	32	41	304	28	41	276	30
29	41	208	35	41	219	34	41	231	34
30	42	311	27	42	326	26	42	355	24
31	42	274	30	42	265	31	42	307	27
32	43	319	26	43	327	26	43	360	23
33	44	298	28	44	353	24	44	334	25
34	46	250	32	46	258	31	46	273	30
35	49	338	25	49	321	26	49	389	21
36	50	263	31	50	270	30	50	305	28
37	51	352	24	51	345	24	51	394	20
38	52	366	23	52	341	25	52	432	17
39	53	363	23	53	421	18	53	425	18
40	54	255	32	54	323	26	54	286	29
41	55	382	21	55	367	23	55	420	18

Продовження таблиці Б.6

Група 1				Група 2			Група 3		
№	i	ІН	Ті	i	ІН	Ті	i	ІН	Ті
42	57	391	21	57	361	23	57	465	15
43	60	472	14	60	285	29	60	548	8
44	61	401	20	61	407	19	61	445	16
45	62	414	19	62	392	21	62	493	13
46	62	362	23	62	381	21	62	413	19
47	64	373	22	64	373	22	64	429	18
48	65	447	16	65	467	15	65	532	9
49	67	387	21	67	442	17	67	433	17
50	69	459	15	69	402	20	69	551	8

Таблиця Б.7

Результати дослідження зміни ІН та Ті залежно від величини поздовжніх ухилів, водіїв, які керували транспортним засобом, що перевозив небезпечний вантаж другого класу за межами населеного пункту за рівня завантаження $Z \geq 0,5$

Група 1				Група 2			Група 3		
№	i	ІН	Ті	i	ІН	Ті	i	ІН	Ті
1	5	188	36	5	191	38	5	206	37
2	7	225	35	7	227	36	7	219	34
3	7	161	37	7	161	42	7	191	37
4	8	194	28	8	197	40	8	315	27
5	9	189	35	9	186	40	9	212	36
6	9	172	37	9	152	39	9	167	38
7	9	282	36	9	246	32	9	192	36
8	11	130	38	11	130	43	11	160	38

Продовження таблиці Б.7

Група 1				Група 2			Група 3		
№	i	ІН	Тi	i	ІН	Тi	i	ІН	Тi
9	13	209	34	13	186	37	13	219	35
10	13	275	35	13	267	32	13	215	36
11	17	222	32	17	226	36	17	270	33
12	21	298	29	21	248	34	21	344	27
13	23	137	36	23	150	40	23	194	36
14	23	224	33	23	211	36	23	226	32
15	23	309	27	23	282	31	23	384	25
16	24	234	32	24	241	35	24	246	32
17	25	216	26	25	230	36	25	383	24
18	26	278	32	26	271	32	26	294	30
19	27	284	24	27	302	32	27	429	21
20	31	277	31	31	252	33	31	311	28
21	34	359	25	34	343	26	34	397	24
22	35	281	31	35	255	33	35	316	27
23	37	344	20	37	340	29	37	492	17
24	37	319	28	37	300	31	37	350	25
25	38	338	27	38	287	30	38	362	26
26	38	342	26	38	293	31	38	370	24
27	38	340	27	38	407	22	38	364	26
28	41	276	29	41	319	28	41	301	28
29	41	248	33	41	241	33	41	263	33
30	42	361	25	42	368	25	42	386	23
31	42	299	27	42	302	29	42	341	26
32	43	383	25	43	343	25	43	425	22
33	44	322	26	44	381	24	44	390	23

Продовження таблиці Б.7

Група 1				Група 2			Група 3		
№	i	ІН	Тi	i	ІН	Тi	i	ІН	Тi
34	46	283	29	46	294	33	46	297	30
35	49	365	23	49	337	25	49	435	20
36	50	276	28	50	292	32	50	363	26
37	51	366	22	51	369	24	51	434	20
38	52	384	21	52	379	24	52	466	17
39	53	381	21	53	484	19	53	497	17
40	54	296	30	54	329	26	54	308	27
41	55	443	20	55	418	22	55	475	17
42	57	457	19	57	415	24	57	554	14
43	60	496	13	60	311	30	60	602	8
44	61	477	19	61	415	19	61	481	16
45	62	451	17	62	451	22	62	537	12
46	62	373	20	62	389	20	62	446	18
47	64	384	21	64	392	23	64	510	17
48	65	514	15	65	490	15	65	606	9
49	67	399	19	67	469	17	67	498	17
50	69	473	14	69	450	19	69	655	8

Додаток В

**Розраховані рівні ризиків під час перевезення вантажів другого класу
небезпеки з врахуванням фактора людини**

Таблиця В.1

Класифікація ризиків при транспортуванні балонів із *киснем* з врахуванням
фактора людини та умов руху

		Рух в межах населеного пункту		
		Рівень завантаження		
		А	Б	В/Г
Протяжність небезпечних ділянок, %	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	неприйнятний
	30%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	40%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	50%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
		Рух за межами населеного пункту		
		Складність дорожніх умов		
		Легкі	Ускладнені	Небезпечні
Протяжність небезпечних ділянок, %	3%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	5%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	15%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	допустимий

Таблиця В.2

Класифікація ризиків при транспортуванні балонів із *ацетиленом* з
врахуванням фактора людини та умов руху

		Рух в межах населеного пункту		
		Рівень завантаження		
		А	Б	В/Г
Протяжність небезпечних ділянок, %	10%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	20%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	30%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	40%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	50%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
		Рух за межами населеного пункту		
		Складність дорожніх умов		
		Легкі	Ускладнені	Небезпечні
Протяжність небезпечних ділянок, %	3%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	5%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	15%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	допустимий

Таблиця В.3

Класифікація ризиків при транспортуванні балонів із *вуглекислим газом* з
врахуванням фактора людини та умов руху

		Рух в межах населеного пункту		
		Рівень завантаження		
		А	Б	В/Г
Протяжність небезпечних ділянок, %	10%	прийнятний	прийнятний	прийнятний
	20%	прийнятний	прийнятний	прийнятний
	30%	прийнятний	прийнятний	прийнятний
	40%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	50%	прийнятний	прийнятний	допустимий
		Рух за межами населеного пункту		
		Складність дорожніх умов		
		Легкі	Ускладнені	Небезпечні
Протяжність небезпечних ділянок, %	3%	прийнятний	прийнятний	прийнятний
	5%	прийнятний	прийнятний	прийнятний
	10%	прийнятний	прийнятний	прийнятний
	15%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	допустимий

Таблиця В.4

Класифікація ризиків при транспортуванні балонів із *пропаном* з
врахуванням фактора людини та умов руху

		Рух в межах населеного пункту		
		Рівень завантаження		
		А	Б	В/Г
Протяжність небезпечних ділянок, %	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	30%	прийнятний	допустимий	допустимий
	40%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	50%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
		Рух за межами населеного пункту		
		Складність дорожніх умов		
		Легкі	Ускладнені	Небезпечні
Протяжність небезпечних ділянок, %	3%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	5%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	15%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	допустимий

Таблиця В.5

Класифікація ризиків при транспортуванні балонів із *метаном* з
врахуванням фактора людини та умов руху

		Рух в межах населеного пункту		
		Рівень завантаження		
		А	Б	В/Г
Протяжність небезпечних ділянок, %	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	30%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	40%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
	50%	прийнятний	допустимий	неприйнятний
		Рух за межами населеного пункту		
		Складність дорожніх умов		
		Легкі	Ускладнені	Небезпечні
Протяжність небезпечних ділянок, %	3%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	5%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	10%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	15%	прийнятний	прийнятний	допустимий
	20%	прийнятний	допустимий	допустимий

Додаток Г

Акти впровадження



ПРЕДКЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної роботи
Національний університет
«Львівська політехніка»

О.Р. Давидчак

2019 р.

АКТ

про впровадження у навчальний процес кафедри «Транспортні технології»
матеріалів і результатів дисертаційної роботи
аспіранта Афоніна Максима Олександровича
«Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з
врахуванням фактора людини»»

Результати дисертаційної роботи аспіранта Афоніна М.О. впроваджені у навчальний процес на кафедрі «Транспортні технології» в таких навчальних дисциплінах:

1. «Психофізіологічні особливості поведінки водія» – при підготовці студентів спеціальності 275 «Транспортні технології» спеціалізації 03 (на автомобільному транспорті) освітньої програми 02 «Організація і регулювання дорожнього руху» – використані матеріали, які містять підходи щодо падання оцінки функціонального стану водія на основі показника активності регуляторних систем (Практична робота №4 – «Комплексна оцінка функціонального стану водія з використанням показника активності регуляторних систем» та Практична робота №8 – «Зв'язок показника активності регуляторних систем з індексом напруження під час оцінювання функціонального стану водія»);
2. «Ергономіка транспорту» – використана методика визначення соціонічного типу водія (Практична робота №1 – «Аналіз психофізіологічних особливостей водія з використанням тестових методів досліджень» та Практична робота №6 – «Функціональний стан людини та його визначення з використанням спеціалізованого обладнання»).

Матеріали та результати дисертаційної роботи Афоніна М.О. опубліковано у 2015 році у методичних вказівках «Оцінка психофізіологічних властивостей водія» та у 2017 році у методичних вказівках «Аналіз трудової діяльності в системі «людина – техніка – середовище». Вони дають змогу підвищити навчальний та методичний рівні підготовки студентів з вказаних дисциплін на кафедрі «Транспортні технології».

Зав. каф. «Транспортні технології»
Національного університету
«Львівська політехніка», професор

С.Ю. Форнальчик



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор

ТОВ «Швидкий світ»

С.І. Федунь

«25» червня 2019 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Афоніна М.О.
«Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з
врахуванням фактора людини» на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук

Цей акт складений в тому, що у ТзОВ «Швидкий Світ», використано такі
результати дисертаційної роботи М.О. Афоніна:

1. Математичну модель визначення допустимого часу руху водіїв з
урахуванням особливостей проходження маршруту перевезень
небезпечних вантажів другого класу та дорожніх умов;
2. Алгоритм побудови маршрутів перевезень небезпечних вантажів
другого класу з урахуванням функціонального стану водіїв та
дорожніх умов.

Використання цих результатів дисертаційної роботи М.О. Афоніна дало
змогу підвищити рівень безпеки перевезень з урахуванням як особливостей
проходження маршруту так і функціонального стану водіїв.

Менеджер транспортно-експедиторської
діяльності ТОВ «Швидкий світ»

Світлик Т.Б.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
 Директор
 Державного інституту
 проектування міст «Містопроект»
 м. Київ
 « 26 » жовтня 2019р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Афоніна М.О.
 «Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з
 врахуванням фактора людини»

Цей акт складений в тому, що Державним інститутом проектування міст «Містопроект» використані такі результати дисертаційної роботи здобувача Афоніна М.О. під час проектування схем організації руху вантажного транспорту у Західному регіоні України та у м. Львові:

1. Закономірності зміни технічної швидкості руху транспортних засобів, які перевозять небезпечні вантажі другого класу залежно від рівня завантаження ВДМ.
2. Методику оцінки ризиків під час транспортування небезпечних вантажів другого класу у межах населених пунктів. Виходячи з неї запропоновано змінювати напрямки руху транзитного вантажного транспорту на відрізках маршруту, де рівень ризику кваліфікується як «допустимий» та «неприйнятний» (за рівня завантаження «В» та «Г» при протяжності ділянок скупчення людей більше від 20% маршруту).

Використання цих результатів дають змогу обґрунтувати схеми організації руху вантажного транзитного транспорту в межах населених пунктів.

Керівник групи транспорту,
 головний інженер проекту
 ДП ДПІМ «Містопроект»



М.В. Халус

Додаток Д

Перелік публікацій автора за темою 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 университета. – Харків: ХНАДУ, 2014. – №67. – С. 131-133.

Статті у фахових виданнях

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. Поостранський Т. М., Афонін М. О. Тривалість роботи водія як чинник впливу на безпеку руху /Т.М. Поостранський, 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. Поостранський, Д.В. Семків // Автошляховик України. – Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2018. – №2'2018. – С. 51 – 53.

Опубліковані праці апробаційного характеру

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

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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 напрямки їх розв'язання», 28–30 березня 2019 року: Тези доповідей. – Львів: ПП «Просвіт», 2019. – С. 125 – 126.

13. 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.

14. 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.

Наукові праці, в яких опубліковані додаткові наукові результати дисертації

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Ройко Ю.Я. Визначення пропускнуї 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.