



Т. М. Постранський¹, І. В. Паснак², Н. О. Тюрдьо¹

¹Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6120-9914> – Т. М. Постранський

<https://orcid.org/0000-0002-8405-4625> – І. В. Паснак

<https://orcid.org/0009-0006-6064-0810> – Н. О. Тюрдьо



van-pas@ukr.net

ВПЛИВ НЕРІВНОСТЕЙ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

Проблема. Нерівності та незадовільний стан проїзної частини призводять до виникнення додаткових вібрацій, шуму та інших чинників впливу на організм водія. Це може спричиняти негативні ефекти в організмі вищезазначених операторів транспортного процесу та, як наслідок, погіршувати їхній функціональний стан. При цьому, саме останній тісно пов'язаний із забезпеченням належного рівня безпеки дорожнього руху та надійності роботи водія. Таким чином, надмірний та тривалий вплив таких негативних чинників підвищує рівень психофізіологічного напруження, знижує концентрацію уваги та швидкість реакції, що у підсумку збільшує рівень аварійності.

Мета. Метою публікації є виявлення закономірностей впливу нерівності проїзної частини на показники функціонального стану водія.

Методи дослідження. У роботі розглянуто сучасні підходи до дослідження функціонального стану водія. Вони передбачали використання електрофізіологічних методів реєстрації показників роботи організму, зокрема реєстрацію показників роботи серцево-судинної системи, отриманих з кардіоінтервалів (R-R інтервалів). Для цього використовувався нагрудний пояс Polar H10, який через мобільний пристрій дозволяв реєструвати початкові дані функціонального стану. Для їх подальшого аналізу використано «Kubios HRV Scientific Lite».

Основні результати дослідження. Натурні дослідження дозволили встановити, що середні значення індексу напруження водіїв змінюються залежно від стану дорожнього покриття. На ділянках із незадовільним станом дороги функціональний стан погіршувався внаслідок підвищеного психофізіологічного навантаження, спричиненого вібраціями та необхідністю постійного контролю руху. Натомість на дорогах із якісним покриттям спостерігається поступова адаптація водіїв і стабілізація їхнього функціонального стану.

Висновки та конкретні пропозиції авторів. Отримані результати показують, що якість дорожнього покриття безпосередньо впливає на надійність роботи водія та рівень безпеки руху. Зокрема, на ділянках із незадовільним станом дороги індекс напруження водія зростає у 1,4-1,6 разів, що потребує врахування підвищеного навантаження під час планування режимів праці та відпочинку водіїв.

Ключові слова: водій, функціональний стан, індекс напруження, автомобільна дорога, умови руху, рівність дорожнього покриття.

Т. М. Postranskyi¹, I V. Pasnak², N. O. Tiurdo¹

¹Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

²Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

THE IMPACT OF ROAD SURFACE UNEVENNESS ON THE DRIVER'S FUNCTIONAL STATE

Problem. Road surface unevenness and poor pavement conditions create additional vibrations, noise, and other factors which negatively affect the driver's body. These influences impair the physiological state of vehicle operators and consequently deteriorate their functional performance. At the same time, the latter is closely related to maintaining an adequate level of traffic safety and driver reliability. Thus, excessive and prolonged impact of such negative factors increases the level of psychophysiological stress, reduces concentration and reaction speed, which ultimately increases the accident rate.

Goal. The aim of this publication is to identify the patterns of how road surface unevenness affect indicators of the driver's functional state.

Research methods. The study examines modern approaches to assessing the driver's functional state. These included electrophysiological methods for recording body activity parameters, in particular, cardiovascular system indicators obtained from cardiointervals (R-R intervals). For this purpose, a Polar H10 chest strap was used, which, through a mobile device, enabled the registration of initial functional state data. The subsequent analysis of the obtained data was conducted using the Kubios HRV Scientific Lite software.

The main results of the study. Field studies revealed that the average values of the driver's stress index vary depending on the condition of the road surface. On sections with poor road conditions, the functional state deteriorated due to increased psychophysiological load caused by vibrations and the need for constant vehicle control. On the other hand, on roads with good pavement, drivers gradually adapted and their functional state stabilized.

Conclusions and specific proposals of the authors. The obtained results show that the quality of the road surface directly affects driver reliability and traffic safety levels. In particular, on sections with unsatisfactory road conditions, the driver's stress index increases by 1.4–1.6 times, which should be considered when planning drivers' work and rest schedules.

Keywords: driver, functional state, stress index, road, traffic conditions, road surface unevenness.

Вступ. На сьогодні однією з основних систем, яка забезпечує як функціонування транспорту, так і переміщення вантажів і пасажирів, є система «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Від належної її роботи залежить як тривалість переміщення і швидкість сполучення, так й надійність роботи водія та безпека руху всіх учасників цього процесу. Слід зазначити, що саме зниження рівня аварійності та забезпечення належного рівня безпеки руху є однією з цільових функцій транспортних систем. При цьому, належне функціонування системи ВАДС залежить від значної кількості чинників, які мають як внутрішній, так і зовнішній характер [1]. Враховуючи до певної міри непередбачуваність дій водія та складність прогнозування його стану, можна зробити висновок, що саме ланка «водій» є тою, яка найчастіше призводить до «відмови» [2].

Проте, доцільно також виявляти та аналізувати вагомі чинники впливу на організм водія, оскільки саме вони можуть призводити як до збільшення часу реакції чи зниження концентрації уваги, так і до погіршення функціонального стану (ФС) загалом. До одного з таких можна віднести мережу автомобільних доріг та вулиць і їх характеристики. Окрім цього, їх стан і технічні параметри визначають швидкість сполучення, надійність функціонування транспортних засобів (ТЗ), рівень безпеки руху тощо. У свою чергу, такий вплив на безпечність переміщення можна розділити на такі дві основні групи [3, 4]:

- постійний: геометричні характеристики траси, конструкція земляного полотна, ухили тощо;

- змінний: погодні умови, період доби, пора року, рівень освітлення тощо.

Потрібно зазначити, що у значній мірі автомобільні дороги та вулиці через свої конструктивні елементи (трасу, тип і стан покриття, систему інформаційних засобів тощо) формують умови переміщення. Тому, належним чином запроектована інфраструктура створюватиме максимально сприятливі, комфортні й безпечні

умови пересування та знижуватиме вплив на організм водія і його психофізіологічні показники. В цей же час, незадовільний стан автомобільної дороги, в тому числі поверхні проїзної частини, призводитиме до погіршення умов руху. Зокрема, згідно з даними, наведеними у роботі [5], приблизно у 25% скоєних дорожньо-транспортних пригод (ДТП) причиною виникнення були незадовільний стан дороги та невідповідність дорожніх умов. При цьому, згідно із статистичними даними, наведеними у роботі [6], близько 20,5% автомобільних доріг України мають незадовільний стан дорожнього покриття. За таких умов водій часто змушений коригувати траєкторію руху ТЗ, приділяти надмірну кількість уваги стану проїзної частини, а також часто здійснювати гальмування та розгін автомобіля. У свою чергу, такі дії спричиняють зниження концентрації уваги та відволікають водія від спостереження за важливими елементами дороги та технічними засобами.

Якщо розглядати гальмівний шлях автомобіля (формула 1), як елемент динамічного габариту ТЗ (формула 2), то можна зробити висновок, що на ці величини також опосередковано впливатиме стан дорожнього покриття [3, 7, 8].

$$l_{\text{г}} = \frac{V^2}{2g(\varphi + f \pm i)}, \quad (1)$$

де V – швидкість руху ТЗ; φ – коефіцієнт зчеплення колеса з поверхнею дороги; f – коефіцієнт опору коченню; i – позовжний ухил.

$$L_{\text{д}} = l_{\text{а}} + l_{\text{р}} + l_{\text{г}} + l_{\text{о}}, \quad (2)$$

де $l_{\text{а}}$ – довжина ТЗ, м; $l_{\text{р}}$ – шлях, пройдений ТЗ за час реакції водія, с; $l_{\text{о}}$ – просвіт безпеки, м.

Таким чином, можна стверджувати, що незадовільний стан дорожнього одягу та складні умови руху призводять до підвищеного ризику виникнення аварійних ситуацій, а це, у свою чергу, може стати причиною скоєння ДТП.

Мета. Метою публікації є виявлення закономірностей впливу нерівності проїзної частини на показники ФС водія.

Для досягнення вищезазначеної мети сформульовано такі основні завдання:

- здійснити аналіз найпоширеніших методів дослідження показників ФС водія під час керування ТЗ;
- здійснити планування маршруту руху ТЗ автомобільними дорогами із задовільним та неналежним дорожнім покриттям;
- провести натурні дослідження зміни показників ФС водія;
- виявити закономірності зміни досліджуваних величин.

Методи дослідження. На сьогодні людський чинник відіграє ключову роль у забезпеченні надійності транспортного процесу та функціонування системи ВАДС. Саме від дій людини значною мірою залежить рівень безпеки дорожнього руху та ймовірність виникнення ДТП [9]. Враховуючи факт того, що від надійності роботи водія безпосередньо залежить життя і здоров'я всіх учасників руху, дедалі більшої актуальності набуває питання розроблення сучасних методів і підходів до контролю стану їх організмів. Поряд з цим на сьогодні існує значна кількість методів дослідження показників ФС операторів. Найбільшої популярності набули електрофізіологічні методи, зокрема аналіз записів та показників [8]:

- електрокардіограми;
- електроенцефалограми;
- шкірогальванічної реакції.

Враховуючи специфіку роботи водія та особливості обладнання для записів, у дослідженнях широкого застосування набули прилади, які реєструють показники роботи серцево-судинної системи, зокрема варіабельність серцевого ритму [11]. У свою чергу, популярними індикаторами ФС водія, які можна розрахувати на основі вищезазначеного показника, є:

- індекс напруження (ІН) [8, 10]:

$$IH = \frac{AMo}{(2dX \cdot Mo)}, \quad (3)$$

де AMo – частка кардіоінтервалів, які відповідають значенню моди; dX – варіаційний розмах R-R інтервалів; Mo – кількість R-R інтервалів, які найчастіше зустрічаються в певному діапазоні запису;

- показник активності регуляторних систем [8, 10]:

$$ПАРС = |A| + |B| + |B| + |Г| + |Д|, \quad (4)$$

де A – сумарний ефект регуляції; B – функція автоматизму; B – вегетативний гомеостаз; $Г$ – стійкість регуляції; $Д$ – активність нервових центрів.

У цій роботі в якості показника, за допомогою якого здійснювався аналіз ФС водія, обрано ІН. Це зумовлено тим, що він детально відображає активність механізмів симпатичної регуляції та стан центрального контуру нервової системи. Значення ІН виражаються в умовних одиницях, а нормальні значення зазвичай знаходяться в межах 80–150 у.о. Однак цей показник є досить чутливим навіть до найменших навантажень, зокрема навіть незначне фізичне або емоційне напруження може збільшити його у 1,5-2 рази [10]. Таким чином, аналіз значень ІН дозволяє визначати оптимальні режими роботи водіїв транспортних засобів, а також відслідковувати тенденції щодо зміни їхнього ФС. Крім того, значення ІН відображають ефективну діяльність водія та визначають ступінь його професійної надійності.

В якості технічного засобу, який дозволив здійснювати безперервну реєстрацію показників роботи серцево-судинної системи водіїв, використано нагрудний пояс Polar H10. Реєстрація здійснювалася безпосередньо на мобільний пристрій та архівувалася у хмарне середовище. Далі у лабораторних умовах виконували аналіз цих записів із використанням програмного забезпечення «Kubios HRV Scientific Lite» (рис. 1).

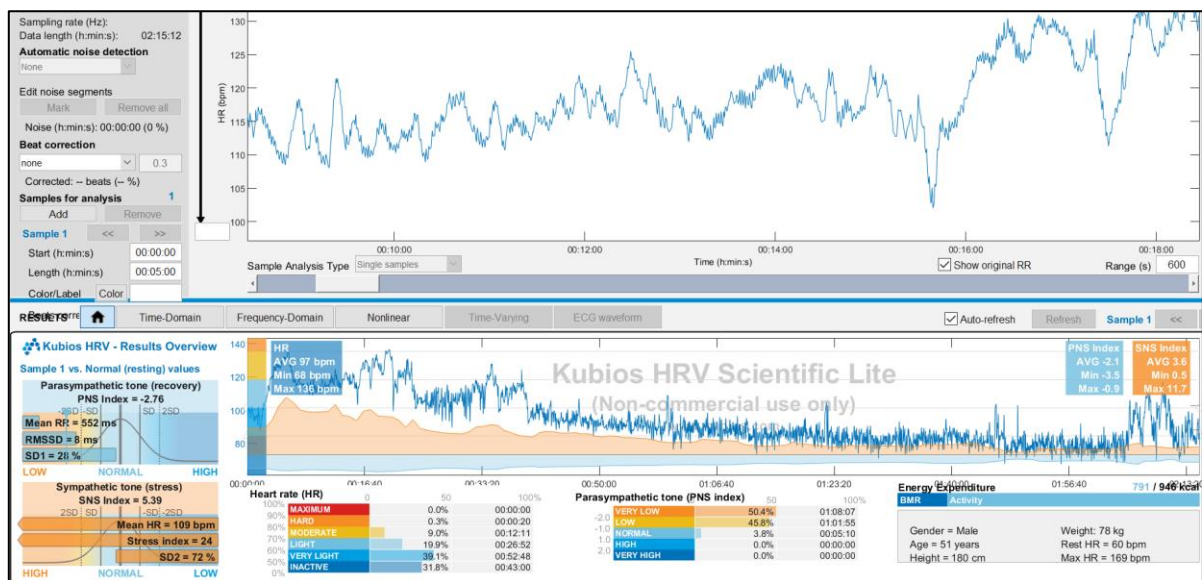


Рисунок 1 – Процес аналізу фрагменту запису показників організму водія у програмному середовищі «Kubios HRV Scientific Lite»

Слід зазначити, що передумовою для такого поєднання технічного та програмного засобів, є висока точність отримуваних даних і зручність у використанні. Крім того, важливо підкреслити, що застосування цього методу не спричиняє у водіїв жодних неприємних та зайвих відчуттів під час роботи. Завдяки цьому процес натурних досліджень можна проводити у максимальному наближенні до реальних робочих ситуацій водія.

Результати дослідження. Для аналізу впливу рівності дорожнього покриття на ФС водія, обрано ділянку автомобільної дороги Т-1418, яка пролягає між населеними пунктами Стрий та Нижанковичі. Цю автомобільну дорогу обрано виходячи з того, що вона містить ділянки як із належним, так і незадовільним (рис. 2) дорожнім покриттям.



Рисунок 2 – Фото ділянки автомобільної дороги Т-1418 із незадовільним дорожнім покриттям

Необхідно відмітити, що заміри здійснювалися у денний період як у прямому, так і зворотному напрямках. Це зумовлено необхідністю уникнути додаткових чинників впливу на організм водія та його ФС, зокрема таких як темний період доби, недостатня видимість, засліплення тощо.

Що стосується дослідження ФС водія, то воно передбачало фіксацію кардіоінтервалів (R-R інтервалів) із використанням мобільного пристрою

та нагрудного пояса Polar H10. Далі проводився статистичний аналіз отриманих значень та розрахунок вхідних даних для визначення ІН (формула 3). При цьому, аналізувалися отримані дані 5-ти хвилинними інтервалами, а отримані значення формувалися у базу даних. Для прикладу наведено результати визначення ІН водія під час разової поїздки досліджуваною автомобільною дорогою у прямому та зворотному напрямках (табл. 1).

Таблиця 1

Результати дослідження ІН водія під час разової поїздки на досліджуваній автомобільній дорозі

Номер інтервалу	Середнє значення ІН, у.о.	
	Прямий напрямок	Зворотний напрямок
1	112	110
2	114	122
3	149	127
4	126	138
5	130	142
6	141	153
7	169	161
8	186	172
9	208	187
10	260	218
11	280	264
12	322	285
13	363	301
14	359	312
15	341	335
16	306	349
17	275	365
18	247	346
19	255	328
20	267	295
21	269	292
22	271	297
23	272	302

На основі сформованої бази даних, розраховувалися усереднені значення ІН водіїв під час керування ТЗ на досліджуваній автомобільній дорозі у прямому та зворотному напрямках. При цьому всі отримані значення розділялися на дві групи: під час керування ТЗ на задовільному і на незадовільному типах покриття.

Обговорення результатів досліджень. На основі даних, які отримано під час проведення натурних досліджень, встановлено динаміку зміни середнього значення ІН водіїв під час управління ТЗ на ділянках автомобільних доріг як із належним, так і незадовільними станом дорожнього покриття. На основі цього сформовано графічне порівняння отриманих залежностей:

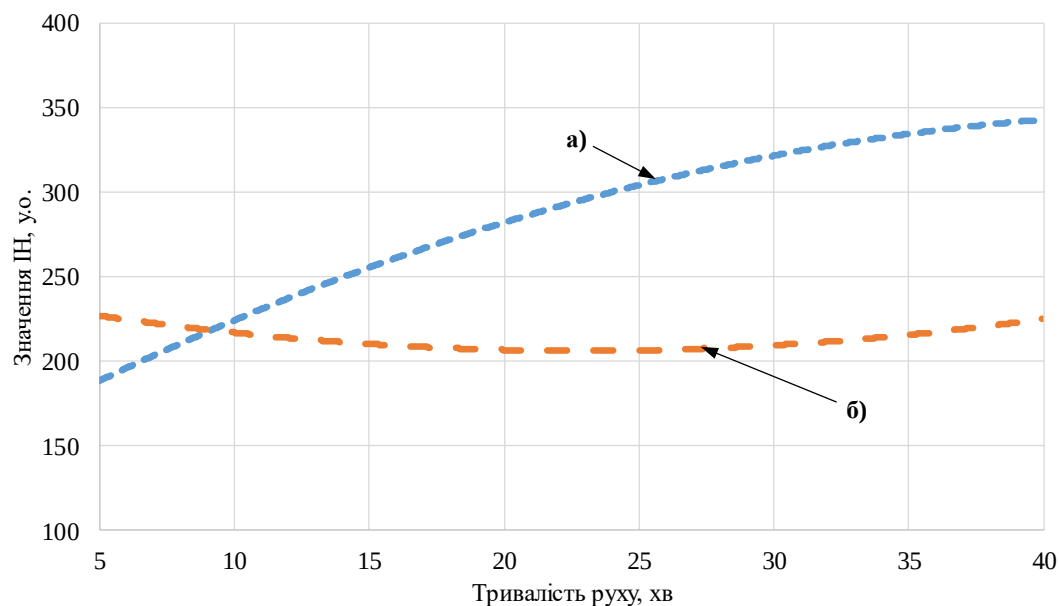


Рисунок 3 – Зміна середніх значень ІН водіїв під час руху автомобільною дорогою з таким станом дорожнього покриття: а) незадовільним; б) задовільним.

Як видно з даних, наведених на рис. 3, початкові значення ІН водіїв при русі на різних за станом типах дорожнього покриття, мали дещо схожі значення. Проте динаміка їх суттєво відрізняється. Так, зокрема крива «б» (рис. 3) свідчить про певну адаптацію водіїв до початку руху, або переїзд на дорогу із належним покриттям, якій передувала ділянка дороги у незадовільному стані. Що стосується зміни ІН водія, який відображено кривою «а» (рис. 3), то вона свідчить про підвищення психофізіологічного навантаження, яке зумовлене необхідністю постійного контролю ТЗ на нерівній поверхні та збільшенням вібрацій і шуму. Таким чином, отримані результати дослідження підтверджують, що стан дорожнього покриття є суттєвим чинником впливу на ФС водія.

Висновки

Отримані результати дослідження свідчать про те, що якість шляхів сполучення впливає не лише на швидкість переміщення, а й на надійність роботи водія. Відповідно до цього, якісне будівництво та належне утримання автомобільних доріг є одним із пріоритетних заходів щодо зниження як психологічного, так і фізичного навантаження на організм водіїв, що у значній мірі опосередковано впливає на рівень безпеки руху. При цьому, встановлено, що на ділянках доріг з неналежними умовами руху, ІН водія може погіршуватися у 1,4-1,6 раза порівняно з рухом дорогами належної якості. Отже під час планування графіків роботи та відпочинку водіїв, необхідно враховувати підвищене навантаження на ділянках руху дорогами із низькою якістю покриття.

В якості продовження тематики цих досліджень, надалі доцільно здійснити заміри окулограми водія у вищезазначених умовах руху. Такий підхід дозволить врахувати питання розподілу та концентрації уваги водія під час руху ділянками автомобільних доріг як з різними характеристиками, так і типом та станом дорожнього покриття. Потрібно зазначити, що у цьому випадку актуальність полягає у впливі психологічних показників на ФС водія. Окрім цього, перспективою подальших замірів на наукових досліджень є деталізація чинників впливу на ФС водія у різних умовах переміщення, зокрема таких як швидкість руху, період доби, рівень освітлення тощо.

Список літератури:

1. Davidich, Y., Kush, Y., & Ponkratov, D. Change of car driver's stress index during different periods of the day in urban traffic conditions. *Transport technologies*. 2020. №1(2). С. 23–32.
2. Болтянський О. В., Болтянська Н. І., Шершенівська А.А. Надійність водія в системі «водій-автомобіль-дорога-середовище». Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції «Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти». Кривий Ріг, Україна, 13 листопада 2020р. 2020. С. 37–40.
3. Форнальчик Є.Ю., Могила І.А., Трушевський В.Е., Гілевич В.В. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах: монографія.; за ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів, 2018. 236 с.
4. Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. Систематологія на транспорті.

Організація дорожнього руху: 4-та книга; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. К., 2005. 452 с.

5. Самборський О. Ю., Бевз О. В. Дослідження впливу дорожнього покриття на аварійність на шляхах Кіровоградської області. Збірник тез доповідей наукової конференції студентів і магістрантів, Кропивницький, Україна, 14 квіт. 2016. С. 431–434.

6. Кіяшко Д. І., Філіпов В. В. Визначення впливу дії різних нерівностей на коливальну систему транспортних засобів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2009. №77. С. 64–68

7. Миронюк О. Вплив часу реакції водія на інтервал слідування. Вісник Львівського національного аграрного університету «Агро-інженерні дослідження». 2016. №20. С. 105–109.

8. Постранський Т.М., Кривенчук Ю.П. Психофізіологічні властивості водія та безпека дорожнього руху : монографія; за заг. ред Т. М. Постранського. Львів, 2022. 192 с.

9. Кашканова А.А. Надійність водія як фактор забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортній системі міста. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали XVI-ої міжнар. наук.-практ. конф. (Вінниця, 23–25 жовтня 2023 року). Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 171–173.

10. Афонін М. О. Вдосконалення технологічних процесів перевезення небезпечних вантажів з врахуванням фактора людини: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2019. 187 с.

References:

1. Davidich, Y., Kush, Y., & Ponkratov, D. (2020). Change of car driver's stress index during different periods of the day in urban traffic conditions. *Transport technologies*, 1(2), 23–32.

2. Boltianskyi, O. V., Boltianska, N. I., & Shershenivska, A. A. (2020). Driver reliability in the “driver-vehicle-road-environment” system. In *XV International Scientific and Practical Conference “Transport safety: legal and organizational aspects”*, (pp.37–40).

3. Fornalchik, E. Yu., Mohyla, I. A., Trushevskiy, V. E., & Gilevich, V. V. (2018). *Traffic management at controlled intersections in cities: monograph*.

4. Havrylov E. V., Dmytrychenko M. F., Dolia V. K., Dmytrychenka M. F. & et.al. (2005). *Systematics in transport. Organization of road traffic*.

5. Samborskyi O. Yu. & Bevz O. V. (2016). Study of the road surface impact on accident rates on roads in the Kirovograd region. In *Collection of theses from the scientific conference of students and master's students*, (pp. 431–434).

6. Kiiashko D. I. & Fillipov V. V. (2009). Determining the effect of various irregularities on the oscillatory system of vehicles. *Automobile roads and road construction. Scientific and technical journal*, 77, 64–68.

7. Myroniuk O. (2016). The effect of driver reaction time on following distance. *Bulletin of Lviv National Environmental University*, 20, 105–109.

8. Postransky T.M. & Kryvenchuk Yu.P. (2022). *Psychophysiological characteristics of drivers and road safety: monograph*.

9. Kashkanova A.A (2023). Driver reliability as a factor in ensuring road safety in the city's transport system. In *Modern technologies and prospects for the development of motor transport*, (pp. 171–173).

10. Afonin M. O. (2019). Improvement of technological processes for the transportation of dangerous goods, taking into account the human factor. *Candidate's thesis*. Lviv: LPNU.

© Т. М. Постранський, І. В. Паснак
Н. О.Тюрдьо, 2025.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 03.11.2025.

Прийнято до публікації 26.11.2025.