

УДК 656.13

Тарас Пострянський, к.т.н.
(асистент кафедри транспортних технологій Національного
університету «Львівська політехніка»)
Максим Афонін
(асистент кафедри транспортних технологій Національного
університету «Львівська політехніка»)

ЗМІНА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЙОГО РОБОТИ

Належне функціонування системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» є одним з ключових завдань сучасності щодо створення належного рівня безпеки дорожнього руху. Враховуючи особливості кожної з цих ланок, можна зробити висновок, що саме підсистема «водій» є найменш передбачуваною та вивченою. Від його дій та функціонального стану залежить функціонування системи в цілому.

Ключові слова: водій, функціональний стан, умови роботи, індекс напруження.

Вступ. З кожним роком автомобільний транспорт набуває все більш масового розповсюдження. Про це свідчить стрімкий ріст рівня автомобілізації. У свою чергу, як наслідок, зростають показники інтенсивностей руху транспортних потоків на вулично-дорожніх мережах населених пунктів та за їх межами. Відомо, що водій відіграє важливу роль у забезпеченні належного функціонування системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Результат його дій впливає на ймовірність безаварійного керування транспортним засобом та безпеку руху всіх учасників цього процесу. Відповідно до статистики дорожньо-транспортних пригод (ДТП), більшість з них трапляється саме з вини водія та пішохода. Це в котрий раз підтверджує вагомість чинника людини у забезпеченні надійності транспортного процесу. Відповідно до цього виникає потреба щодо дослідження функціонального стану (ФС) водія.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Функціональний стан людини – це показник, що відображає життєдіяльність систем організму, його реакцію на фізичне та емоційне навантаження, дає оцінку рівня адаптації до навколишнього середовища тощо. Що стосується водія, то з використанням цього показника, визначають рівень його готовності до виконання різних поставлених перед ним завдань. Ще одна з особливостей цього показника, є здатність проведення аналізу енергетичних затрат людини та визначення ймовірності досягнення поставлених цілей [1, 2].

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-34-2-13

Що стосується чинників, що впливають на ФС водія, то під час керування автомобілем у різних умовах руху, вони можуть змінюватися. При цьому, одним з найбільш вагомих чинників є потік інформації, що надходить до водія та процес його опрацювання. Враховуючи сучасний рівень розвитку технологій, існує значна кількість засобів, які допомагають операторам отримувати та опрацьовувати інформацію. Аналогічна ситуація й в автомобільній галузі. Проте значний рівень інформаційного забезпечення (як ззовні автомобіля, так із середини) і надалі впливає на водія, його психофізіологічні показники та ФС. Надмірний такий вплив може призвести до погіршення його психоемоційного стану та зростання ймовірності скоєння ДТП [3].

Проведені дослідження, зокрема опитуванням водіїв про зовнішні та внутрішні чинники, що здійснюють вплив на їх сприйняття та можуть призвести до виникнення аварійно ситуації, свідчать про такі статистичні дані [4]:

- рекламна інформація;
- стільниковий телефон;
- пішоходи, які перебувають неподалік від проїжджої частини;
- специфічна поведінка інших транспортних засобів;
- неадекватна поведінка пішоходів, що перетинають проїжджу частину;
- природні феномени.

Що стосується потоків інформації, то різні вчені виділяли різні їх класифікації та джерела. Зокрема опрацювавши відповідну літературу встановлено найбільш вагомі потоки інформації [4 – 6]. При цьому, всі джерела надходження інформації можна розділити на такі п'ять пунктів, зокрема: транспортний потік, траса дороги, дорожня обстановка, транспортний засіб та додаткові джерела. Слід зазначити, що кожен з цих пунктів має свої показники, якими можна аналізувати їх особливість. Також слід зазначити, що додаткові джерела інформації виникають на основі результатів діяльності водія та відображають собою тривалість відволікання від виконання основної діяльності [3].

При цьому виділяють різного роду чинники, що можуть знижувати надійність роботи водія як у процесі керування автомобілем, так і безпосередньо перед цим. Більшість з них можна виділити у такому переліку [7]: шкідливі звички, лікарські засоби, недостатній відпочинок, емоційне напруження, не якісне харчування, низька мотивація, значна втома, зміна графіка роботи, кліматичні чинники, хворобливий стан тощо.

При цьому всьому, ФС водія відіграє важливу роль у забезпеченні надійності роботи системи ВАДС. Саме, від цього показника у значній мірі залежить і безпека руху. Так, дослідження проведені Н.У. Гюльєвим, свідчать про те, що ФС водія впливає на тривалість його реакції. При цьому, від проводив дослідження у зв'язаному транспортному потоці, в якому проявлявся передзаторовий стан. У таких умовах водій змушений постійно здійснювати операції щодо зниження та підвищення швидкості руху (гальмування та розгону). Тривалий вплив таких умов на його організм призводить до зниження ефективності його діяльності [8].

Інші дослідження зміни ФС та його впливу на час реакції водія проведені Ковалишиним В.В. Результати відображено у роботі [9]. Ним встановлено, що водій неоднозначно реагує на різні сигнали при різному стані його організму. Так, при появі відчуття втоми, змінюється його реакція на різного роду подразники в часі. Також цим автором в котрий раз підтверджено вагомість врахування психофізіологічних особливостей під час проведення транспортних досліджень.

Також дослідження пов'язані з часом реакції водія провів Бойків М.В. У цьому випадку враховувалося таке [2]:

- ФС водія та динаміка його зміни;
- умови руху;
- період доби;
- тривалість засліплення водія.

У науковій роботі Савченко О. С. [10] теоретично обґрунтовано важливість врахування психофізіологічних якостей людини та їх вплив на надійність роботи майбутніх водіїв. Зокрема для підвищення рівня психофізіологічної надійності він рекомендує таке:

- необхідно використовувати психофізіологічну підготовку у системі підготовки водіїв та фахівців з безпеки руху;
- створити різного роду тренінги для підвищення рівня показників уваги;
- чітко встановити та унормувати критерії професійної придатності та проведення відбору;
- створити рекомендації спрямовані на підвищення безпеки руху та з урахуванням психофізіологічних показників;
- розробити засоби тестування та оцінки значимості психофізіологічних компонентів.

Вище перелічене свідчить про необхідність врахування ФС водіїв під час розробки заходів щодо підвищити надійність роботи системи ВАДС та безпеку руху в цілому.

Мета і завдання дослідження. У роботі поставлено таку мету, зокрема виявлення закономірностей зміни функціонального стану водія автобуса залежно від умов його роботи. Відповідно до цього, визначено такі основні завдання:

- проаналізувати методи дослідження ФС водія та обрати той, який може не створювати додаткового впливу на водія;
- провести натурні дослідження ФС водія на маршрутах громадського транспорту в населеному пункті та за його межами;
- опрацювати результати натурних досліджень;
- виявити закономірності зміни ФС водіїв як працюють у різних умовах руху.

Матеріали та методи дослідження. На сьогодні для визначення ФС людини використовують зазвичай методи аналізу таких записів [1, 11 – 13]:

- електроенцефалограми;
- показників шкіро-гальванічної реакції;
- електроокулограми;
- електрокардіограми (ЕКГ).

Електрокардіограма – графічний запис змін електричних потенціалів, які виникають у наслідок збудження серцевого м'яза [13]. Під час транспортних досліджень аналіз ЕКГ дає можливість оцінити емоційний стан людини під час фізичних та розумових навантажень. Це один з методів, який найчастіше використовується для дослідження ФС водія [2, 8].

Основою цього методу дослідження є аналіз роботи серцево-судинної системи людини та її показників. Одним з найважливіших, при цьому, є варіабельність серцевого ритму (ВСР). Що стосується більш детального аналізу запису ЕКГ та визначення ФС водія, то для цього використовують дані ВСР, зокрема проводять його спектральний аналіз та розраховують такі показники [14]:

- математичне очікування – показник, який відображає кінцевий результат впливу на організм (позначається M або rNN);
- середньоквадратичне відхилення – один з основних показників ВСР, який характеризує стан механізмів регуляції (позначається δ , $SDNN$);
- мода – показник, який відображає кількість R-R інтервалів, які найчастіше зустрічаються (позначається Mo);
- варіаційний розмах – відображає різницю між найбільшим та найменшим значенням R-R інтервалів (позначається BP , dX);
- амплітуда моди – відображає частку кардіоінтервалів, які відповідають значенню моди (позначається AMo);
- коефіцієнт варіації – нормалізована оцінка середньоквадратичного відхилення (позначається CV);
- спектральна потужність в діапазоні дуже низьких частот (позначається VLF);
- спектральна потужність в діапазоні низьких частот (позначається LF);
- спектральна потужність в діапазоні високих частот (позначається HF).

На основі даних ВСР для визначення ФС водіїв часто розраховують значення індексу напруження (IH) [14]:

$$IH = \frac{AMo}{(2dX \cdot Mo)} \quad (1)$$

Цей показник відображає напруження досліджуваної особи в залежності від тих умов, в яких вона перебувала, або перебуває. У спокійному стані він коливається в межах 80-150 у.о. [14]

Для визначення показників ФС водія, зокрема IH , необхідні використовувати технічні засоби, які надають інформацію про початкові значення показників ВСР, які відображені у формулі (1). Прилади які дозволяють отримувати такі значення, зазвичай відносяться до Холтерівських систем моніторингу. Ця методика полягає в тривалій реєстрації показників ЕКГ та відсутності необхідності перебування у лабораторних умовах (лікарні, клініці тощо) [2].

Враховуючи те, що транспортні дослідження проводяться не у медичних цілях, а лише для визначення функціонального стану та динаміки його зміни, достатньо використовувати і прилад Холтерівського моніторингу з 5-ма відведеннями. Що стосується приладів для здійснення реєстрації ЕКГ водіїв, то у цьому випадку часто застосовують прилад CardioSens. Він дозволяє здійснювати запис без використання портативного комп'ютера та є повністю автономним. При цьому, запис проводиться на флеш-накопичувач, а живлення здійснюється від акумуляторної батареї типу ААА. Недоліком у використанні цих приладів для дослідження ФС є складність їх налаштування та необхідність певних навиків щодо розміщення електродів на тілі досліджуваної особи. Відповідно до цього, створюються певні незручності щодо потреби у спеціалізованому персоналі який буде проводити підготовку цих приладів до фіксації ЕКГ водіїв та розміщення на них електродів безпосередньо перед виїздами на рейс.

Відповідно до цього, у транспортних дослідженнях часто також використовують прилад з спортивної медицини. Вони є значно простішими у використанні та дозволяють здійснювати їх фіксацію на організмі безпосередньо досліджуваними особами. До таких приладів можна віднести комплекс Polar. Цей прилад є датчиком

частоти серцевих скорочень. Він розміщується в межах грудної клітки з використанням спеціального ремня з електродами. Слід зазначити, що на відміну від попереднього приладу, у Polar електроди не є одноразовими для використання.

Що стосується аналізу даних отриманих приладом Polar, то у цьому випадку використовуються різного роду мобільні додатки. При цьому, операційна система мобільного приладу може бути як Android так і IOS. Короткий аналіз найчастіше використовуваних мобільних додатків наведено у роботі [15].

Дослідження ФС водія маршрутного транспортного засобу проводилося з використанням прилад Polar H10 та додатку на мобільний пристрій HRV lite (рис. 1). Заміри показників ВСП водіїв здійснювалися на автобусних маршрутах руху як у населеному пункті, так і за його межами.



Рис. 1. Прилад (а) та програмне забезпечення (б), що було використано для проведення досліджень ФС водіїв

Провівши аналіз отриманих статистичних даних щодо значення R-R інтервалів та з використанням формули (1) визначено динаміку зміни ФС водіїв протягом першої години роботи у різних умовах. Результати відображено на рис. 2.

Як видно з даних наведених на рис. 2, початкове значення ІН водіїв, які керували маршрутними транспортними засобами у населеному пункті та за його межами, починається приблизно з однакових позначок. Проте, протягом однієї години такі водії у різній мірі входять у робочий режим, зокрема ІН водіїв міських автобусів після відмітки у 30 – 35хв починає зростати стрімкіше. Це свідчить про те, що у таких умовах роботи на їх організм діє значно більша кількість чинників, що, у свою чергу, призводить до більшого напруження.

Під час натурних досліджень ФС водіїв маршрутних транспортних засобів, також здійснено заміри потужності пасажиропотоку. Проаналізувавши ці дані, встановлено, що із збільшенням кількості пасажирів (наповненості салону автобуса) погіршується показники ІН водія. Це зумовлено тим, що при збільшенні кількості пасажирів, водій зобов'язаний здійснювати більшу кількість додаткових операцій (оплачування проїзду, на приміських маршрутах – розміщення багажу тощо).

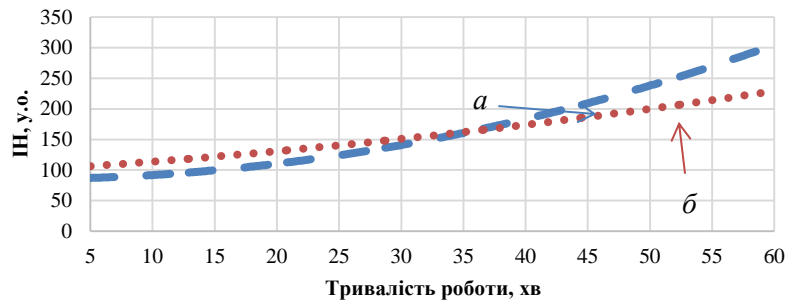


Рис. 2. Порівняння зміни ІН водіїв маршрутних транспортних засобів, що працюють у міських умовах (а) та за їх межами (б)

Висновки. У роботі встановлено, що залежно від умов в яких працюють водії (на маршрутах громадського транспорту в населеному пункті чи за його межами), необхідно здійснювати різний відпочинок за тривалістю на кінцевих пунктах. Це зумовлено тим, що:

- напруженість руху у межах населеного пункту та за його межами є різною;
- тривалість однієї їздки на маршруті різні за тривалістю;
- потужність пасажиропотоку в межах населеного пункту змінюється значно частіше, ніж на приміському сполученні, що у різній мірі впливає на ФС водія.

Слід зазначити, що проведення та врахування результатів таких досліджень дозволить підвищити якість обслуговування пасажирів на маршрутах громадського транспорту та безпеку руху автобусів в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wang F. W., Luo X. Comprehensive Analysis of Fatigue Driving Based on EEG and EOG // Journal of Northeastern University. 2014. P. 175–178.
2. Бойків М.В. Зміна тривалості реакції водіїв протягом доби залежно від їх функціонального стану // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. №1. С. 133 – 137.
3. Афанасьева І.А. Щодо зміни функціонального стану водія під час отримання інформації з додаткових джерел // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2014. № 45. – С 15 – 20.
4. Looking behavior for vertical road signs / [M. Costa, G. Dondi, A. Bucchi та ін.]. // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2014. Volume 23 P. 147–155.
5. Borsos A., Birtch S., Vollpracht H. The role of human factors in road design // 2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications. 2015. P. 363 – 367.
6. Batrakova A., Gredasova O. Influence of Road Conditions on Traffic Safety // Procedia Engineering. 2016. №134. P. 196–204.
7. D. G.Kidd, J. Tison, N. K.Chaudhary та ін. The influence of roadway situation, other contextual factors, and driver characteristics on the prevalence of driver secondary behaviors // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – Volume 41. – 2016. – P. 1–9.
8. Гюльєв Н.У. Про вплив часу реакції водія на ймовірність скоєння дорожньо-транспортної пригоди // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Северодонецьк, 2017. С. 90 – 93.
9. Ковалишин В.В., Мухар Р.І., Цір Р. Зміна часу прийняття адекватного рішення водієм у лабораторних умовах // Тези доповідей Всеукраїнської науково-теоретичної конференції «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання». Львів : НУЛП, 2015. С. 138-139.
10. Савченко О.С. Вплив психофізіологічних якостей майбутніх водіїв на безпеку дорожнього руху // Збірник наукових праць «Педагогіка та психологія». Харків, 2015. Вип. 51. С. 219 – 227.
11. Thomas J., Nelson J., Silverman S. Research Methods in Physical Activity / J. Thomas., USA: Walsworth Print, 2016. 480 p.

12. Driver Behavior Profiling Using Smartphones: A Low-Cost Platform for Driver Monitoring / G.Castignani, T. Derrmann, R. Frank, T. Engel. // IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine. 2015. Volume: 7, Issue: 1 P. 91 – 102.
13. Jung S., Shin H., Chung W. Driver fatigue and drowsiness monitoring system with embedded electrocardiogram sensor on steering wheel // IET Intelligent Transport Systems. 2014. Volume 8, Issue 1 P. 43 – 50.
14. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма в космической медицине // Материалы VI всероссийского симпозиума. Ижевск: Издательский дом "Удмуртский университет", 2016. С. 15 – 19.
15. Фурман О. О. Hardware and software for road user's functional state research // VII Міжнародний молодіжний науковий форум «Litteris et Artibus»: матеріали, 23 – 25 листопада 2017 року. Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2017. С. 287 – 288.

REFERENCES

1. Wang F. W., Wang H., Luo X. (2014). *Comprehensive Analysis of Fatigue Driving Based on EEG and EOG*. Journal of Northeastern University, 175–178 (in English).
2. Boikiv M.V. (2016). *Zmina tryvalosti reaktsii vodiiv protiahom doby zalezjno vid yikh funktsionalnoho stanu [Change of reaction time of drivers in different periods of the day depending on their functional state]*. Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu [Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute], Volume 1, 133 – 137.
3. Afanasieva I.A. (2014). *Shchodo zminy funktsionalnoho stanu vodiia pid chas otrymannia informatsii z dodatkovykh dzherel [Changes regarding the functional state driver of information from additional sources]*. Mizhvuzivskyi zbirnyk «Naukovi notatky» [Intercollegiate Collection «Scientific Notes»], Volume 45, 15 – 20.
4. Costa M., Dondi G., Bucchi A., Lantieri C., Simoneb A., Vignali V. (2014). *Looking behavior for vertical road signs*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 23, 147–155 (in English).
5. Borsos A., Birth S., Vollpracht H. (2015). *The role of human factors in road design*. 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, 363 – 367 (in English).
6. Batrakova A., Gredasova O. (2016). *Influence of Road Conditions on Traffic Safety*. Procedia Engineering. Volume 134, 196–204 (in English).
7. Kidd D., Tison J., Chaudhary N., McCartt A., Casanova-Powell T. (2016). *The influence of roadway situation, other contextual factors, and driver characteristics on the prevalence of driver secondary behaviors*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. Volume 41. 1–9 (in English).
8. Hiuliev N. U. (2017). *Pro vplyv chasu reaktsii vodiia na ymovirnist skoiennia dorozhno-transportnoi pryhody [Influence driver's reaction time with possibility commit traffic accidents]*. Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia [Bulletin of the East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl], Volume 4 (234), 90 – 93.
9. Kovalyshyn V.V., Mukhar R.I., Cir R. (2015). *Zmina chasu pryiniattia adekvatnoho rishennia vodiem u laboratornykh umovakh [Changing time of decision making driver in the laboratory]*. Tezy dopovidei Vseukrainskoi naukovo-teoretychnoi konferentsii «Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozviazannia» [Abstracts of the Ukrainian Scientific-Theoretical Conference «Problems with traffic flows and directions of their solution»], 138-139.
10. Savchenko O.S. (2015). *Vplyv psykhoфизиологических качеств будущих водителей на безопасность дорожного руля [Influence psychophysiological qualities future drivers on road safety]*. Zbirnyk naukovykh prats «Pedagogika ta psykholohiia» [Collection of scientific works «Pedagogy and Psychology»], Volume 51, 219 – 227.
11. Thomas J., Nelson J., Silverman S. (2016). *Research Methods in Physical Activity*. 480p (in English)
12. Castignani G., Derrmann T., Frank R., Engel T. (2015). *Driver Behavior Profiling Using Smartphones: A Low-Cost Platform for Driver Monitoring*. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, Volume: 7, 91 – 102. (in English)
13. Jung S., Shin H., Chung W. (2014). *Driver fatigue and drowsiness monitoring system with embedded electrocardiogram sensor on steering wheel*. IET Intelligent Transport Systems, Volume: 8, 43 – 50. (in English)
14. Baevskiy R. M. (2016). *Varyabelnost serdechnoho rytma v kosmycheskoi medytseyne [Heart rate variability in space medicine]*. Materyaly VI vserossyiskoho sympozyuma [Materials of the VI Russian Symposium]. 15 – 19.

15. Furman O. O. (2017). *Hardware and software for road user's functional state research*. VII Mizhnarodnyi molodizhnyi naukovyi forum «Litteris et Artibus» [VII International youth science forum «Litteris et Artibus»], 287 – 288. (in English)

Тарас Постранський, к.т.н.
(*ассистент кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка»*)

Максим Афонин
(*ассистент кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка»*)

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ЕГО РАБОТЫ

Должное функционирование системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» является одной из ключевых задач современности по созданию нужного уровня безопасности дорожного движения. Учитывая особенности каждого из этих элементов, можно сделать вывод, что именно звено «водитель» является наименее предсказуемой и изученной. От его действий и функционального состояния зависит функционирование системы в целом.

Ключевые слова: *водитель, функциональное состояние, условия работы, индекс напряжения.*

Taras Postranskyy, PhD.
(*Assistant of transport technologies` department, Lviv Polytechnic National University*)

Maksym Afonin
(*Assistant of transport technologies` department, Lviv Polytechnic National University*)

CHANGE OF THE DRIVER'S FUNCTIONAL STATE BY DEPENDED ON THE CONDITIONS OF HIS WORK

Every year the development of the industrial and tourism fields oh the countries industries is increasing. Accordingly, there is a need to increase the level of passenger service`s quality. At the same time, one of the important indicators is the creation of safe driving conditions. It`s necessary to bear in mind that a large number of such transportations is carried out by buses. Therefore, the task is to ensure the driver's reliable and trouble-free operation.

It is known that the safety of all road users depends on the reliability of the driver's work. At the same time, the driver is one of the least studied links of the system «driver – car – road – environment". So, the task is to study the psychophysiological indicators of the driver, which represent the reliability of his work. Also, they should show the influence of the environment on the driver`s organism. It should be noted the fact that during work, the driver of the vehicle may be exposed to various external factors. It can affect the driver: being over-stressed, neglecting traffic rules, making erroneous decisions, losing control of the transport process, etc. Such processes can lead to accidents. Accordingly to this, the importance of this kind`s transport research is confirmed.

Keywords: *the driver, functional state, working conditions, strain index.*