

О.О. Лобашов, О. В. Прасоленко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

В статті представлено дослідження трудової діяльності водія в транспортному потоці в умовах міста. Розглянуто вплив характеристик дорожнього руху на функціональний стан водія. Представлено закономірності зміни функціонального стану водія на маршруті пересування з урахуванням фізіологічних показників. Для оцінки впливу умов руху на характеристики трудової діяльності, використано показник затримок руху та технічну швидкість руху на маршруті. Для визначення функціонального стану водія використано показники шкірно-гальванічної реакції та здвиг частоти серцебиття водія.

Ключові слова: людський фактор, транспортний потік, технічна швидкість, затримки руху, функціональний стан водія.

Постановка проблеми

Сучасні транспортні проблеми міст характеризуються високою завантаженістю транспортних мереж і значними інформаційними навантаженнями на водіїв. Водій як підсистема в складній ерготичній системі «Водій–Автомобіль–Дорога–Середовище» (ВАДС) постійно піддається стресам в різних дорожньо-транспортних ситуаціях [1-7]. Причини можуть бути різними, від втоми до помилок в процесі сприйняття дорожньої обстановки. Результатом неузгодженості дій водія із дорожнім середовищем є прояв стресових станів, що може призводити до дорожньо-транспортних пригод (ДТП) і зміни функціонального стану водія. В роботі водія безперервно виникають джерела емоційної напруги: небезпечна ситуація на дорозі, під'їзд до перевантаженого транспортом перехрестя або до складної транспортної розв'язки і багато іншого, що пов'язане з дорожнім рухом. Тому, питання впливу характеристик дорожнього руху на функціональний стан водія при виконанні трудової діяльності є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Під час руху водій постійно отримує інформацію від транспортного засобу, середовища руху і ухвалює рішення, а потім обирає потрібні дії. Проте, за думкою автора [2] помилки під час керування залежать від функціонального стану і рівня працездатності. Причинами зниження працездатності водіїв є вживання алкоголю, захворювання, прийом деяких лікарських препаратів, куріння, а також стомлення в процесі керування автомобілем. Відбувається зниження сенсорно-моторних реакцій людини, що в

свою чергу впливає на час реакції водія і зосередження уваги. У водія найчастіше виникає втома, що пов'язана з діяльністю і великим емоційним напруженням [5]. Фізичні навантаження на водія з урахуванням постійного вдосконалення конструкцій автомобілів постійно знижуються. Проте, резерви зниження втоми за рахунок створення зручностей і полегшення керування автомобілем, особливо вантажних або автобусів, все ще великі. На думку авторів [6], стомлення швидше настає при тривалому русі з високою швидкістю. Емоційне стомлення відбувається під час конфліктних або аварійних ситуацій, при русі в складній дорожній обстановці, при порушенні правил іншими учасниками дорожнього руху. Емоційне стомлення також є наслідком напруженості праці водія в складних дорожніх умовах і при незадовільних характеристиках дорожнього руху [1–6].

При пересуванні по маршрутам водії зіштовхуються з стресовими ситуаціями на дорозі та як наслідок отримують фізіологічну зміну показників життєдіяльності людини [6]. Це є причиною зниження емоційної стійкості і розвитку стомлення водія. Наслідком незадовільної адаптації водія до впливу зовнішнього середовища (дорожній рух) змушує організм відмовитися від подальшого контакту зі стресом (припинення роботи). Також напруженість роботи водія може бути охарактеризовано кількістю емоційно-значущих подразників, які впливають на нього під час керування автомобілем. Автори [5, 9] умовно в якості подразника враховували будь-який вплив на водія, що вимагає від нього прийняття якого-небудь рішення. Наприклад: жест регулювальника, пішохід який перебігає дорогу, дорожній знак, звуковий або світловий сигнал зроблений водієм, який обганяє транспортний засіб і т.д. Було встановлено, що в се-

редньому водій сучасного автомобіля в умовах великого міста сприймає більше 200 подразників за 1 годину, або 3-4 подразника в кожну хвилину водіння. Потрібно звернути увагу на значну нерівномірність цього навантаження від подразників, яка коливається в межах від повної відсутності значимих подразників до десятків за хвилину, що може несприятливо позначатися на якості професійної діяльності водія. Значний вплив на емоційний стан водія мають ситуації, близькі до аварійних (різке гальмування, різкий поворот рульового керма, комбінація різкого гальмування з поворотом рульового керма і т.д.).

Автори робіт [1-6, 9, 10] вважають, що електрофізіологічні методи дозволяють оцінити функціональний стан організму людини в процесі трудової діяльності тобто під час руху на дорозі. Показники функціонального стану організму дозволяють судити про напруженість і важкість праці водія.

Формулювання мети статті

Метою роботи є визначення впливу характеристик дорожнього руху на показники трудової діяльності водія в міських умовах. Пропонується дослідити зміну функціонального стану водія під час пересування містом з урахуванням затримок руху та технічної швидкості. Для дослідження впливу характеристик дорожнього руху на функціональний стан водія використано

метод шкірно-гальванічної реакції (ШГР) та метод оцінки варіабельності серцевого ритму (ЕКГ).

Виклад основного матеріалу

Отже, діяльність водія під час пересування по маршруту викликає емоційне напруження. Згідно з [1] активація організму при наявності емоцій пов'язана з збільшенням нервового напруження. Зрушення нервового напруження характеризує активацію з кількісної сторони. Цей стан називають емоційним напруженням. Він характеризується активацією різних функцій організму у зв'язку з цілеспрямованими волевими актами. Емоційна активація призводить до ряду периферійних зовнішніх і внутрішніх проявів емоцій: збліднення або почервоніння шкіри, збільшення потовиділення, почастішання серцебиття, зміна температури і електропровідності шкіри.

Електрошкірний опір дуже чуйно реагує на фізичні і психологічні зміни в організмі людини [1-6, 9]. Будь-які локальні зміни і процеси в організмі людини впливають на електрошкірний опір. В нормі електрошкірний опір людини в стані релаксації зростає, а в стані активації зменшується. Тобто опір шкіри зростає, коли людина заспокоюється і засинає, і зменшується при емоціональному хвилюванні і мобілізації сил.

Для дослідження ШГР також використовують електропровідність шкіри. Електричний опір шкіри протилежний її електропровідності. Тобто при зменшенні опору електропровідність шкіри зростає (рис. 1).

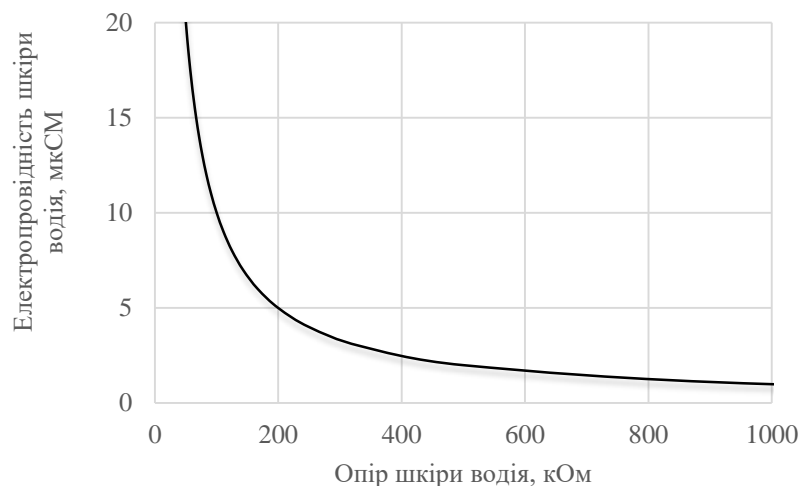


Рис.1. Залежність електропровідності від опору шкіри водія

Для визначення показника емоційного напруження водія потрібно класифікувати параметри руху по ділянкам маршруту. Ці ділянки потрібно заздалегідь заформувати з урахуванням дорожніх умов, характеристик транспортних потоків та систем управління дорожнім рухом. ШГР дуже чутлива до вище названих характеристик. Проте, слід враховувати, що

ШГР має властивість до згасання при повторному пред'явленні. Тому дослідження слід виконувати при наявності інтенсивності транспортного потоку [6]. Дослідження Лобанова Є.М. показали, що ШГР згасає лише на постійні детерміновані умови руху, тобто на дорожні умови.

Дослідження виконані на міських вулицях показали взаємозв'язок факторів дорожнього руху на зміну параметрів ШГР [5]. Саме зміни емоційного стану (зсув рівня ШГР) викликаються додатковою інформацією, наприклад появою зустрічного автомобіля, людини, що переходить дорогу. На записі ШГР це відбивається появою нової хвилі. Кожному об'єкту, що має відношення до режиму руху, відповідає поява хвилі. Це означає, що водій сприйняв і переробив інформацію, укладену в кожному об'єкті.

Для визначення емоційного напруження пропонується використати показник площі шкірно-гальванічної реакції (ШГР). Емоційне напруження водія при пересуванні по маршруту має вид:

$$E_m = \sum_{k=1}^n S_i, \quad (1)$$

де E_m – емоційна напруженість водія при пересуванні по маршруту $\mu\text{s} \cdot \text{год}/\text{км}$;

S_i – площа шкірно-гальванічної реакції на i -ій ділянці маршруту, $\mu\text{s} \cdot \text{год}/\text{км}$.

Площа шкірно-гальванічної реакції на ділянці маршруту визначається за формулою:

$$S_i = \frac{\left(\sum F_{M_{ксм}} \cdot T_i \right) / 3600}{L_i}, \quad (2)$$

де $F_{M_{ксм}}$ – значення шкірно-гальванічної реакції на i -ій ділянці, $M_{ксм}$;

T_i – час руху по ділянці маршруту, секунд;

L_i – довжина ділянки маршруту, км.

Менше чутливий, але більш простий у вимірі показник напруги інформаційних каналів, який розраховується за формулою [1]

$$\Delta F = \frac{f - f_0}{f_0}, \quad (3)$$

де ΔF – здвиг частоти серцебиття;

f, f_0 – частоти серцебиття в фоновому стані та в стані при русі по дорозі. В склад варіаційних характеристик пульсу включені: гістограма розподілу кардіоінтервалів; коефіцієнт асиметрії; мода, і варіаційний розмах розподілу.

Перед поїздкою по маршруту у водіїв реєстрували кардіограму у фоновому стані. Фоновий стан – реєструється ЕКГ в спокійних умовах, за 10 хв. до поїздки з заплющеними очима, лежачи на сидінні. Результати замірів представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Показники серцевого ритму водіїв перед поїздкою

Досліджуємі	Середній RR-інт., мс	Середньоквадратичне відхилення, мс	Варіаційний розмах, мс	Амплітуда моди, %	Мода, мс	Пульс, уд/хв
1	895	66	141	24	800	67
2	857	53	156	22	850	70
3	811	51	188	36	750	74
...
10	822	61	148	26	800	72

Використовуючи [4] трекер «gacelogic» було виконано дослідження емоційного напруження відносно умов руху на маршруті. Запис параметрів руху відбувається синхронно з записом ШГР та ЕКГ. Для запису ШГР використовується прилад Neulog. Для запису ЕКГ використовували прилад Cardiosens.

Графік зміни емоційного напруження водія на маршруті представлено на рис. 2. За результатами видно, що напруження різко зростає в заторі та збільшується під час зміни умов руху, що є наслідком затримок руху. Даний підхід можна використати для визначення емоційного навантаження на водія для різних умов пересування. Використання показника (E_m , формула 1–2) дозволяє врахувати зміну напруження водія відносно відстані пересування та затримок руху.



Рис. 2. Графік зміни емоційного напруження відносно відстані пересування

Далі розглянемо вплив технічної швидкості на маршруті на емоційне напруження та здвиг частоти серцебиття. Тенденція на графіку (рис. 2) показала значний вплив затримки руху на напруження водія. Тому, для оцінки затримок руху пропонується використовувати показник затримок руху. Показник затримок руху на маршруті має наступний вид:

$$k_{зам} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{зам}}{T_{рух^3}}, \quad (4)$$

де $T_{рух^3}$ – сума витрат часу на рух ($T_{рух}$) та затримки ($T_{зам}$) визначається за формулою (4).

$$T_{рух^3} = \sum_{i=1}^n T_{рух} + \sum_{i=1}^n T_{зам}. \quad (5)$$

Тоді технічна швидкість визначається за формулою:

$$V_{тех} = \frac{L_M}{\sum_{i=1}^n T_{рух} + \sum_{i=1}^n T_{зам}}, \quad (6)$$

де L_M - довжина маршруту руху, км.

Дослідження пересування водіїв по різних вулицях міста показали взаємозв'язок технічної швидкості руху, коефіцієнта затримок руху та рівнів обслуговування дорожнього руху на маршрутах. За результатами аналізу коефіцієнтів затримок руху на пересування було встановлено діапазони зміни показників руху відповідно до рівнів обслуговування (табл. 2). Також слід відзначити, що при рівні обслуговуванні D виникає затор на дорозі [8].

Таблиця 2

Аналіз затримок руху на пересування, технічної швидкості відповідно до рівнів обслуговування

Рівень обслуговування на маршруті	Технічна швидкість на маршруті, $V_{тех}$, км./год.	Показник затримок руху, $k_{зам}$
A	≥ 30	0,1-0,2
B	≥ 20	0,21-0,3
C	≥ 15	0,31-0,4
D	≥ 10	0,41-0,6
E	≥ 5	0,61-0,8
F	< 5	$> 0,8$

В результаті дослідження було встановлено, що затримки руху впливають на технічну швидкість руху по маршруту не лінійно (рис. 3).

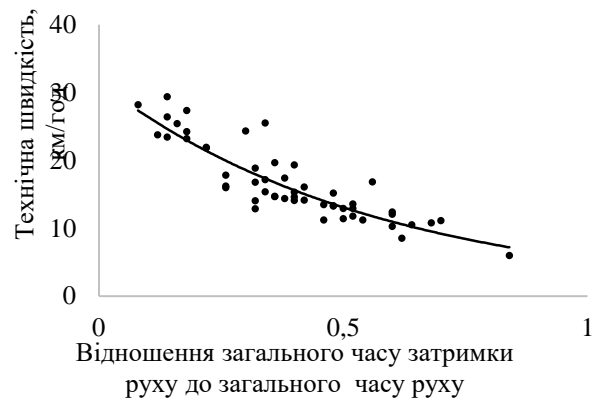


Рис. 3. Залежність технічної швидкості на маршруті від затримок руху

При пересуванні реєструвалися небезпечні гальмування водієм. Діапазон небезпечних гальмування оцінювали по силі вповільнення автомобіля (G) після, того як водій зіткнувся з раптовими перешкодами під час руху на дорозі. Раптові перешкоди виникали на маршруті пересування через: рух у заторі; гальмування автомобіля, що рухається попереду; зміна смуги руху автомобіля, що рухається попереду; зміна смуги й вибір напрямку руху водієм; паркування автомобілів на проїзній частині; щільний транспортний потік; рух пішоходів; виконання маневрів на перехресті і ін.

На рис. 4 представлено графік зміни кількості небезпечних гальмувань залежно від технічної швидкості руху (діапазон G max від -0,3 G до -0,6 G).

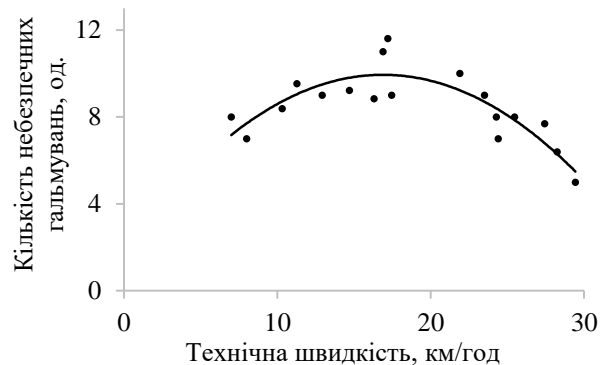


Рис. 4. Графік зміни кількості небезпечних гальмувань від технічної швидкості

Відповідно до формул (1–2) за результатами аналізу емоційного стану було визначено емоційне напруження водія на маршруті пересування відповідно до технічної швидкості руху (рис. 5).

На рис. 6 відповідно до методу ЕКГ було визначено вплив технічної швидкості на здвиг частоти серцебиття.

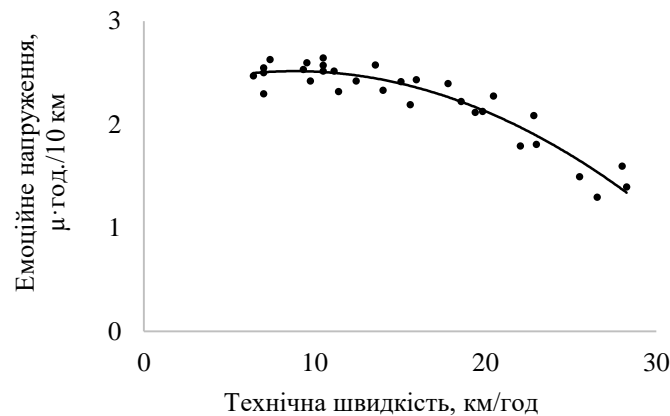


Рис. 5. Зміна ШГР водія від технічної швидкості на маршруті

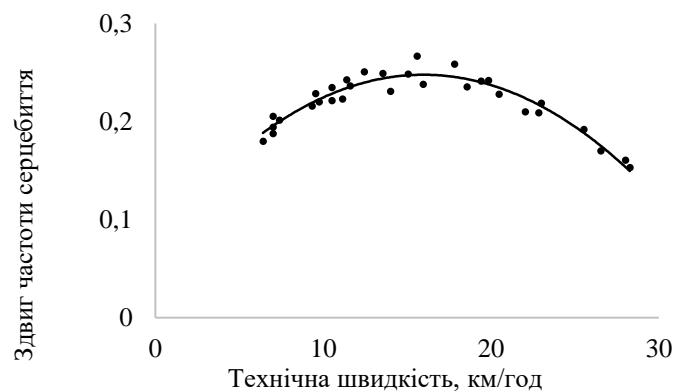


Рис. 6. Здвиг частоти серцебиття водія від технічної швидкості на маршруті

За результатами аналізу показників психологічної діяльності водія можна стверджувати, що розглянуті характеристики ШГР, ЕКГ в повній мірі відображають емоційне напруження та функціональний стан. Використання даних показників дозволить більш якісно визначити стан водія під час керування автомобілем.

Висновки

В роботі представлено підхід щодо оцінки функціонального стану водія з урахуванням характеристик дорожнього руху. Застосування ШГР та ЕКГ показало взаємозв'язок параметрів дорожнього руху з функціональним станом водія. Отримані закономірності зміни емоційного напруження та здвигу частоти серцебиття залежно технічної швидкості руху показали, що основними факторами є затримки руху, рівень завантаження дороги рухом та кількість небезпечних дорожньо-транспортних ситуацій під час пересування на маршруті. Застосування даного підходу дозволить в подальшому сформувати ергономічні вимоги щодо пересування водіїв на міських маршрутах.

Література

1. Гаврилов, Э. В. Теоретические основы проектирования и организации условий дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / Э. В. Гаврилов. – К.: КАДИ, 1992. – 300 с.
2. Гаврилов, Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте [Текст] / Э. В. Гаврилов – К.: Техника, 1976. – 152 с.
3. Бегма, И. В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог [Текст] / И. В. Бегма, Э. В. Гаврилов, Я. А. Калужский. — М.: Транспорт, 1976. — 88 с.
4. Хворост, М. В. Влияние факторов дорожного руху на емоційний стан водія [Текст] / М.В. Хворост, О.В. Прасоленко // Комунальное хозяйство городов. – 2017. – №. 137. – С. 49-54.
5. Prasolenko, O., Lobashov, O., & Galkin, A. (2015). The Human Factor in Road Traffic City. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(3), 77-84.
6. Лобанов, Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя [Текст] / Лобанов Е. М. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
7. Lobashov, A. O., Dulfan, S. B., Prasolenko, A. V., Dolya, K. V., & Burko, D. L. (2018). Demand Research for" Park

and Ride" Parking Lots. *SCIENCE & TECHNIQUE*, 17(1), 42-50.

8. Ponkratov, D., Ivanov, I., Prasolenko, O., Grigorova, T., Lobashov, O., & Dolya, V. (2015). Traffic Streams and Anti-Congestions Activities in City Networks. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(2), 21-26.

9. Taylor, D. H. (1964). Drivers galvanic skin response and the risk of accident. *Ergonomics*, 7(4), 439-451.

10. Villarejo, M. V., Zapirain, B. G., & Zorrilla, A. M. (2012). A stress sensor based on Galvanic Skin Response (GSR) controlled by ZigBee. *Sensors*, 12(5), 6075-6101.

References

1. Gavrilov, E.V (1992). Theoretical bases of designing and the organization of conditions of traffic taking into account laws of behavior of drivers. The dis. doctor of technical sciences. Sciences, KADI, 300.

2. Gavrilov, E.V.(1976). Ergonomics on the automobile transport. K.: Technika, 152.

3. Begma, I.V., Gavrilov, E. V., Kaluzhsky, Y. A. (1976). Accounting for the psychophysiology of drivers in the design of highways. M.: Transport, 88.

4. Hvorost, M.V, Prasolenko, O. V. (2017). Influence of traffic factors on emotional state of the driver. *Municipal economy of cities*, 137, 49-54.

5. Prasolenko, O., Lobashov, O., & Galkin, A. (2015). The Human Factor in Road Traffic City. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(3), 77-84.

6. Lobanov, E. M. (1980). Designing roads and organizing traffic, taking into account the driver's psychophysiology. M.: Transport, 311.

7. Lobashov, A. O., Dulfan, S. B., Prasolenko, A. V., Dolya, K. V., & Burko, D. L. (2018). Demand Research for" Park and Ride" Parking Lots. *SCIENCE & TECHNIQUE*, 17(1), 42-50.

8. Ponkratov, D., Ivanov, I., Prasolenko, O., Grigorova, T., Lobashov, O., & Dolya, V. (2015). Traffic Streams and Anti-Congestions Activities in City Networks. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(2), 21-26.

9. Taylor, D. H. (1964). Drivers galvanic skin response and the risk of accident. *Ergonomics*, 7(4), 439-451.

10. Villarejo, M. V., Zapirain, B. G., & Zorrilla, A. M. (2012). A stress sensor based on Galvanic Skin Response (GSR) controlled by ZigBee. *Sensors*, 12(5), 6075-6101.

Рецензент: доктор технічних наук, професор Ю.О. Давідич, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

Автор: ЛОБАШОВ Олександр Олегович
доктор технічних наук, професор.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – lobashov61@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6563-1319>

Автор: ПРАСОЛЕНКО Олександр Володимирович
кандидат технічних наук, доцент.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – prasolenko@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7248-9915>

INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF ROAD TRAFFIC ON THE DRIVER'S FUNCTIONAL STATE

O. Lobashov, O. Prasolenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article presents the study of the work of the driver in the traffic flow in the city conditions. The change of ergonomic characteristics on the city route is considered.

The regularities of changing the functional condition of the driver on the route with consideration of physiological parameters are presented. To estimate the influence of the conditions of movement on the characteristics of the work of the driver, the indicator of traffic delays and the technical speed of the route.

The dependencies of changing the functional condition of the driver on the technical speed on the route are presented. To determine the functional state of the driver, indicators of the galvanic skin response and shift of the heart rate of the driver are used.

It is suggested to change the leather-galvanic reaction on separate sections of the route, taking into account the change in the area index. It is established that the driver's greatest emotional stress corresponds to those sections of the route where there are unsatisfactory traffic conditions. The shift in the heart rate, on the contrary, increases on the sections of the route with an average level of traffic load, as well as in those places on the road where there are dangerous braking and stressful situations.

Considered the influence of traffic factors on the emotional state of the driver. In the process of driving, the driver is faced with different situations on the road: pedestrians, dense traffic, traffic in a traffic jam, etc. The reasons listed are the result of the mental state, driver fatigue, lack of experience and driving skills. It is important to know the factors that influence driver errors in stressful driving situations and the nature of changes in the driver's condition. When driving, the driver must maintain an optimal emotional state for a long time. Under the optimum condition of the driver, the process from the perception of information to the implementation of actions determines the response time of the driver. From the state of the driver depends on the error when driving.

The choice of optimal driving modes will allow the driver to avoid stress while driving.

Keywords: Human factor, traffic flow, technical speed, traffic delays, functional state of the driver.