

Н.У. Гюлев, О.О. Лобашов, С.Б. Дульфан, Є.І. Куш, Ю.С. Загребелько

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

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ У ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ В УМОВАХ ЗАТОРІВ РУХУ

Показана значення рівня функціонального стану водія в його діяльності. Обґрунтовано необхідність урахування темпераменту при проведенні досліджень з оцінки функціонального стану водія в умовах заторів руху. Представлені результати деяких досліджень впливу транспортного затору на функціональний стан водія. Графічно представлено закономірності змінювання функціонального стану водіїв двох темпераментів в умовах заторів руху.

Ключові слова: функціональний стан, дорожній затор, темперамент, рівень стомлення, модель.

Постановка проблеми

Транспортні потоки у транспортній системі міста формуються шляхом взаємодії автомобілів між собою і із зовнішнім середовищем. Найчастіше ця взаємодія має випадковий характер. Для забезпечення безпеки дорожнього руху транспортним потоком необхідно постійно управляти. Найбільш важливим елементом цієї системи є водій, від стану якого залежить безпека і ефективність роботи транспортної системи [1–3].

Водію під час руху в транспортному потоці доводиться подолати безліч транспортних заторів, які утворюються на перехрестях і вузьких ділянках доріг, особливо в пікові періоди. Це призводить до погіршення функціонального стану водія, підвищенню його стомлення внаслідок тимчасового розладу деяких психічних функцій [1, 4].

Дорожні затори негативно впливають на діяльність водія, особливо у пікові періоди значно збільшуючи час пересування і знижуючи швидкість руху транспорту. Також затори негативно впливають на екологічну обстановку міста через викид в атмосферу токсичних речовин, які містяться у відпрацьованих газах транспортних засобів. Отруйні речовини у повітрі погіршують стан водія і підвищує ймовірність здійснення ним дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) [5–10].

У той же час водії по-різному реагують на перебування в дорожніх заторах. Змінювання функціонального стану водіїв залежить від їх індивідуально-типологічних особливостей, віка або темпераменту [11–13].

Звідси впливає необхідність досліджування впливу дорожніх заторів на функціональний стан водія.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Транспортний затор у транспортній системі міста виникає через перевищення інтенсивності дорожнього руху над пропускною здатністю вулиць і доріг.

Автор роботи [14] оцінює ймовірність виникнення ДТП шляхом порівняння інтенсивності інформаційного потоку й пропускної спроможності каналів сприйняття водія.

У своїй роботі [15] автор виявив, що одним з найбільш значущих чинників, який негативно впливає на функціональний стан водія, є транспортний затор.

Необхідність урахування людського чинника під час моделювання транспортних потоків та організації дорожнього руху вказують у своїх дослідженнях автор роботи [16].

Такі психофізіологічні якості водія, як час його реакції, стаж роботи, темперамент тощо у своїх роботах розглядали й інші дослідники [17–21].

Однак у цих роботах не повною мірою розглянуті питання впливу темпераменту водія на змінювання його функціонального стану в період перебування в транспортному заторі.

Такі якості водія як час реакції водія, стаж роботи, темперамент у своїх дослідженнях розглядають автори роботи [22].

Автори роботи [23] навели результати досліджень, спрямовані на встановлення залежності появи заторів через ДТП. При цьому не досліджені питання пов'язані з поведінкою і надійністю водія і не досліджено взаємозв'язок між заторами і ймовірністю появи ДТП.

Дослідження авторів [24] присвячено встановленню динаміки змінювання рівня втоми середньо-

статистичного водія в заторі, що впливає на безпеку дорожнього руху.

У роботі [25] наведено, що перебування у транспортних заторах негативно позначається на психофізіологічному стану водія, спричиняючи погіршення його функціонального стану і психічні розлади. Однак в цій роботі не запропоновані моделі зміни стану водія в заторах, за якими можна було б виявити відповідні закономірності.

В роботі [26] розглядається вплив дорожніх умов на водіїв вантажівок. Для оцінки стану водія використані методи гальванічної шкірної реакції і метод електрокардіограми, якій засновані на оцінці варіабельності серцевого ритму. Змінювання стану водія в умовах заторів авторами роботи не розглянуто.

В роботі [27] розглянута модель водія, якій прогнозує появу заторів на основі змін його поведінці. Однак як впливають затори на стан водія в цій роботі не розглянуто.

Автори роботи [28] в своїх дослідженнях оцінили ймовірність скоєння ДТП після перебування в заторах. Однак в цій роботі не виявлено закономірності зміни функціонального стану водія в дорожньому заторі.

В роботі [29] досліджений механізм утворення заторів на автомагістралях Китаю. Разом з тим дослідження, що стосуються змінювання стану водія в цій роботі не наведено.

Метою статті є виявлення закономірностей змінювання функціонального стану водія у транспортній системі міста в умовах заторів руху. Це дозволяють прогнозувати поведінку водія після дорожнього затору і оцінити різні варіанти розвитку дорожньо-транспортної ситуації, що впливають на безпеку дорожнього руху.

Виклад основного матеріалу

Метою статті є виявлення закономірностей змінювання функціонального стану водія у транспортній системі міста в умовах заторів руху.

На функціональний стан людини істотно впливають індивідуально-типологічні властивості та темперамент. Змінювання функціонального стану людини визначає рівень його стомлення

Для проведення досліджень щодо оцінки зміни функціонального стану водія в заторі були відібрані водії з двома темпераментами: холерик і флегматик.

Для завдань даної роботи найбільш придатним є метод оцінювання функціонального стану шляхом реєстрації електрокардіограми. Електрокардіограма найбільш вивчена серед психофізіологічних методів, а методика її вимірювання й аналізу найбільш досконала.

Аналізуючи зміни ритму серцевих скорочень можливо оцінити будь-яке навантаження на

організм, будь вона фізична або емоційна. Інформація про те, як організм вийшов на той або інший рівень діяльності закодована в послідовності кардіоінтервалів.

Це є інтегральна оцінка втоми організму людини. В основі цієї методики закладена теорія прямо пропорційної залежності нерівномірності кардіоінтервалів і рівня стомлення (в літературних джерелах цю оцінку втоми організму людини часто називають показником активності регуляторних систем організму).

Він обчислюється в умовних одиницях (за методикою Баєвського Р.М.) за алгоритмом, якій враховує статистичні показники, показники гістограми і дані спектрального аналізу кардіоінтервалів. Рівень функціонального рівня дає змогу оцінити адаптаційні можливості людини [30].

Він розраховується за алгоритмом, якій враховує п'ять критеріїв:

$$P_c = |A| + |B| + |C| + |D| + |E|, \quad (1)$$

де A – сумарний ефект регуляції;

B – функція автоматизму;

C – вегетативний гомеостаз;

D – стійкість регуляції;

E – активність підкіркових нервових центрів.

Функціональний стан вимірюється в умовних одиницях. З урахуванням рівня стомлення можна визначати наступні функціональні стани: стан оптимального напруження регуляторних систем (норма $P_c = 1-2$ ум. од. за Баєвським); стан помірного напруження регуляторних систем. ($P_c = 3-4$ ум. од. за Баєвським); стан вираженого напруження регуляторних систем ($P_c = 4-6$ ум. од. за Баєвським); стан перенапруги регуляторних систем ($P_c = 6-7$ ум. од. за Баєвським); стан виснаження регуляторних систем ($P_c = 7-8$ ум. од. за Баєвським); стан «злому» адаптаційних механізмів, при якому домінують специфічні патологічні відхилення, ($P_c = 8-10$ ум. од. за Баєвським).

Розроблені в роботі [3] моделі оцінки зміни функціонального стан водія-холерика та водія-флегматика мають наступний вигляд:

$$P_{ck} = 0,009 \cdot B_e + 2,045 \cdot |\ln(T_3/P_{cn})| + 0,848 \cdot P_{cn}, \quad (2)$$

де P_{ck} – рівень стомлення при виході із транспортного затору, ум. од.;

B_e – вік водія, роки;

T_3 – тривалість транспортного затору, хв;

P_{cn} – рівень стомлення при вході в транспортний затор, ум. од.

$$P_{ск} = -0,396 \cdot C/U - 0,066 \cdot T_3 + 1,067 \cdot P_{сн}, \quad (3)$$

де $P_{ск}$ – рівень стомлення при виході із транспортного затору, ум. од.;

C/U – відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна, тис. ум. од./кВт/т);

T_3 – тривалість транспортного затору, хв;

$P_{сн}$ – рівень стомлення при вході в транспортний затор, ум. од.

Результати досліджень деяких найбільш типових варіантів для водія-холерика і водія-флегматика, вік яких становить тридцять і п'ятдесят років наведено на рис. 1–6.

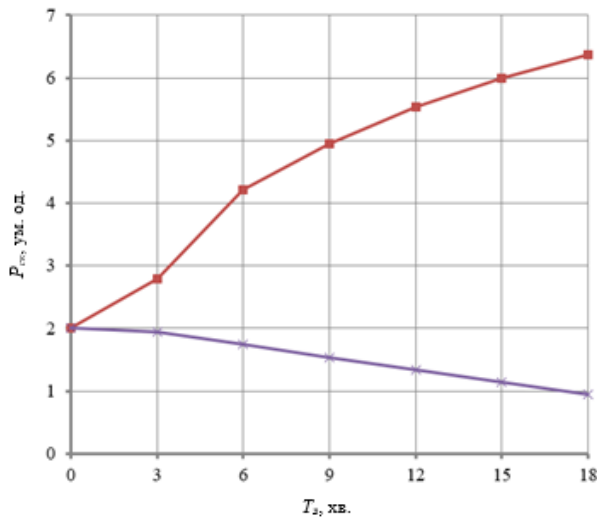


Рис. 1. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 30 років у заторі при $P_{сн} = 2$ ум. од.:
 ■ – холерик; × – флегматик.

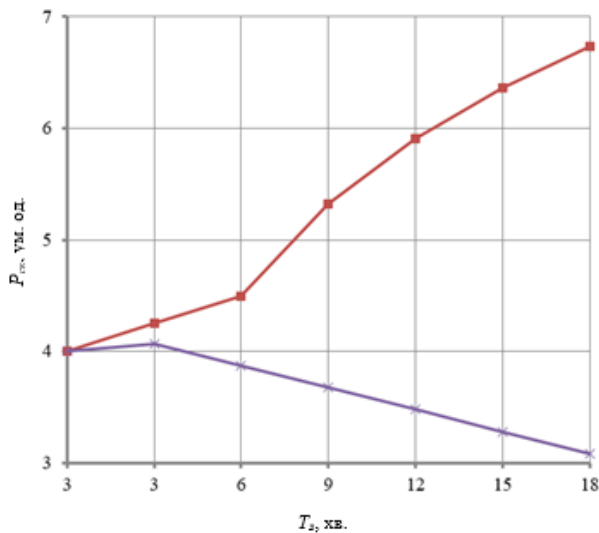


Рис. 2. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 30 років у заторі при $P_{сн} = 4$ ум. од.:
 ■ – холерик; × – флегматик.

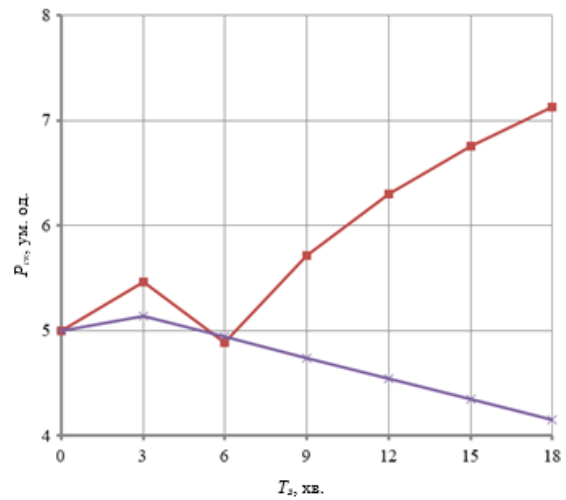


Рис. 3. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 30 років у заторі при $P_{сн} = 5$ ум. од.:
 ■ – холерик; × – флегматик.

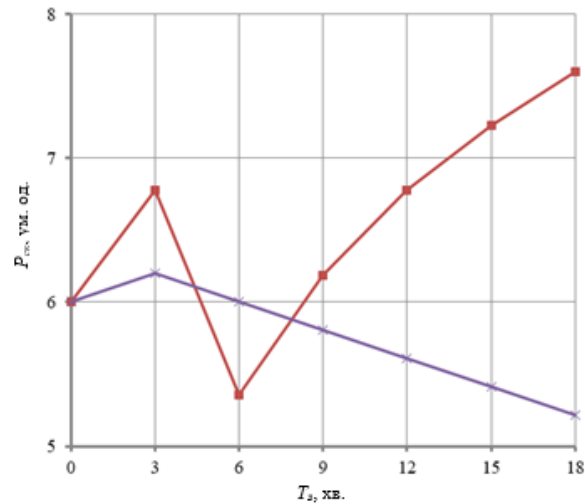


Рис. 4. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 30 років у заторі при $P_{сн} = 6$ ум. од.:
 ■ – холерик; × – флегматик.

Як зрозуміло з рис. 1, при $P_{сн} = 2$ у. од. в заторі стан водія-флегматика до третьої хвилини затору не змінюється, а далі поліпшується, сягаючи наприкінці затору одну ум. од. Стан і водія-холерика погіршується. Наприкінці затору рівень стомлення у холерика перевищує шість ум. од.

При $P_{сн} = 4$ ум. од. стан водіїв у транспортному заторі змінюється так (рис. 2). Функціональний стан водія-флегматика після третьої хвилини затору поліпшується, наближаючись наприкінці затору до трьох ум. од. Рівень стомлення водія-холерика до шостої хвилини транспортного затору підвищується незначно, потім різко зростає, наближаючись до семи ум. од.

Стан водія-флегматика при $P_{сн} = 5$ ум. од. до третьої хвилини затору не змінюється (рис. 3). Далі стан водія-флегматика поліпшується, наближаючись наприкінці до чотирьох ум. од. Стан водія-холерика

до третьої хвилини затору трохи підвищується, сягаючи п'яти з половиною ум. од. Далі стан водія-холерика до шостої хвилини затору нормалізується, повертаючись до початкового. Після шостої хвилини затору рівень стомлення цього водія зростає, перевищуючи сім ум. од.

Тенденція змінювання функціонального стану водіїв обох темпераментів зображених на рис. 4 аналогічна до змін, зображених на рис. 3, хоча й яскравіше виражена. Однак варто зазначити, що при $P_{cn} = 6$ ум. од. до третьої хвилини затору внаслідок інерційних процесів, що відбуваються в організмі, відбувається подальше погіршення функціонального стану обох темпераментів. Після цього стан водія-флегматика поліпшується. Стан холерика до шостої хвилини затору поліпшується (рівень стомлення нижчий за початковий), далі зростає, сягаючи семи з половиною ум. од. наприкінці затору.

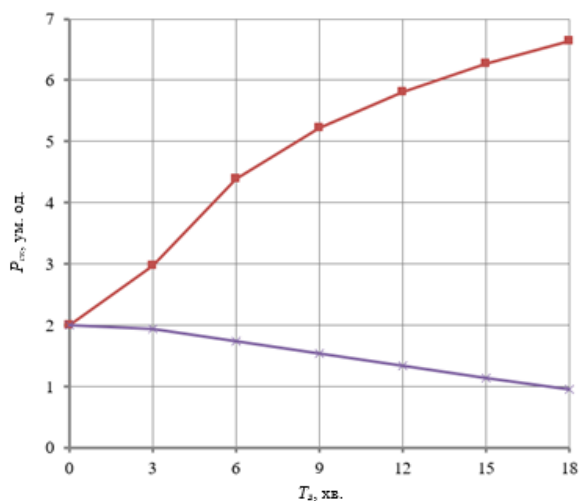


Рис. 5. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 50 років у заторі при $P_{cn} = 2$ ум. од.:
 — холерик; — флегматик.

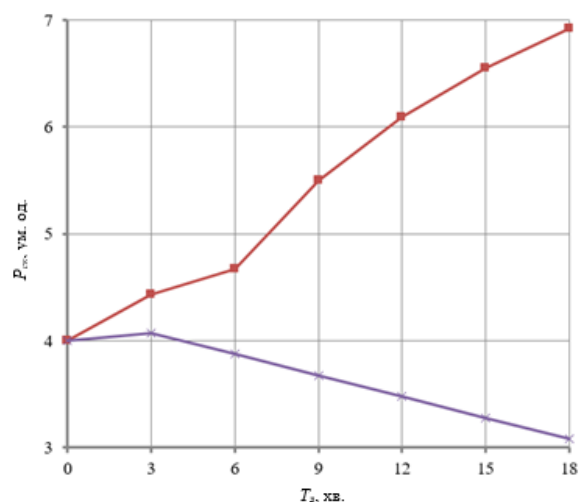


Рис. 6. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 50 років у заторі при $P_{cn} = 4$ ум. од.:
 — холерик; — флегматик.

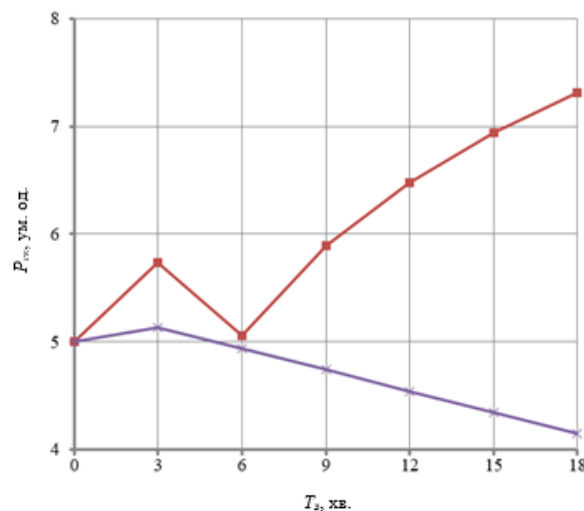


Рис. 7. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 50 років у заторі при $P_{cn} = 5$ ум. од.:
 — холерик; — флегматик.

Функціональний стан водія-флегматика до третьої хвилини не змінюється, а далі поліпшується, значення рівня стомлення знижується, сягаючи одну ум. од. (рис. 5). У водія-холерика наприкінці затору значення рівня стомлення становить сім ум. од.

Функціональний стан водія-флегматика до третьої хвилини не змінюється, а далі поліпшується, значення рівня стомлення знижується, наближаючись до трьох ум. од. (рис. 6). Наприкінці затору значення рівня стомлення становить приблизно сім ум. од. у водія-холерика.

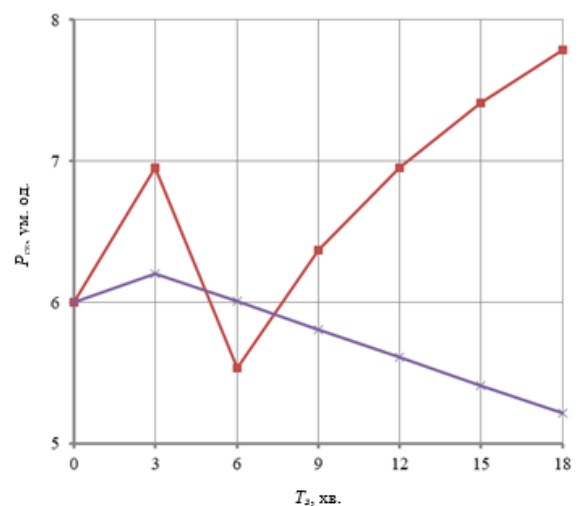


Рис. 8. Залежність змінювання рівня стомлення водіїв 50 років у заторі при $P_{cn} = 6$ ум. од.:
 — холерик; — флегматик.

Стан водія-холерика (рис. 7) на початку затору трохи підвищується внаслідок інерційних процесів, що відбуваються в організмі, а потім його стан поліпшується і повертається до початкового – на шостій хвилині затору. Це пояснюється тим, що він увійшов в затор в напруженому стані. Далі його стан

значно погіршуються. Значення рівня стомлення у холерика наприкінці затору перевищує 7 ум. од., що свідчить про різко виражене перенапруження регуляторних механізмів.

Стан водія-флегматика до третьої хвилини затору незначно погіршується, а далі поліпшується, наближаючись наприкінці затору до 4 ум. од.

Функціональний стан водія-холерика на рис. 8 до третьої хвилини затору незначно погіршується внаслідок інерційних процесів, а потім його стан поліпшується (на 10–12 %) і сягає у холерика п'яти з половиною ум. од. на шостій хвилині затору. Поліпшення його стану в заторі також пояснюється тим, що він увійшов в затор в напруженому стані.

Потім ситуація змінюється, а значення рівня стомлення у водія-холерика підвищується, перевищуючи наприкінці затору сім ум. од., що свідчить про поступове виснаження регуляторних систем. Стан водія-флегматика на початку затору трохи погіршується, а потім поліпшується.

Висновки

На динаміку змінювання функціонального стану водіїв у транспортному заторі значною мірою впливає тривалість затору, початковий стан і вік водія. Тривалість транспортного затору по-різному впливає на водіїв різних темпераментів.

Рівень втоми водіїв-холериків усіх вікових категорій у разі, якщо транспортні затори тривають довго (більше 15 хв.), змінюється однаково. Стан водіїв-холериків у цих заторах для всіх вікових категорій і за будь-яких початкових значень рівня стомлення при вході в затор зростає від 6,3 ум. од. до 7,8 ум. од. Стан водіїв-флегматиків у цих заторах знижується від 5,3 ум. од. до 1,0 ум. од.

При організації дорожнього руху у містах необхідно враховувати отримані результати досліджень, від яких в значній мірі залежить безпека дорожнього руху.

Подальші дослідження потрібно проводити з метою визначення змінювання рівня стомлення водіїв різного віку і темпераментів на ділянках транспортної мережі міста після виходу з затору.

Література

1. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
2. Гаврилов Е.В. Системология на транспорті / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін; під заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2008. – кн. 5: Ергономіка. – 256 с.
3. Гюлев Н.У. Людський фактор і дорожні затори: монографія / Н.У. Гюлев. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – 252 с.
4. Гюлев Н.У. О влиянии изменения функционального состояния водителя на безопасность дорожного движения / Н.У. Гюлев, В.К. Доля, М.С. Бичев // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2013. – Т.3/3(63). – С. 67–69.
5. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения / Я.В. Хомяк. – К.: Вища школа, 1986. – 271 с.
6. Davis L.C. Mitigation of congestion at a traffic bottleneck with diversion and lane restrictions / Davis L.C. // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2012. – Vol 391. – № 4. – P. 1679–1691.
7. Kalajžić M. Simulation Model of Traffic Jam at Crossroads / M. Kalajžić, K. Miloš, M. Muić // *Promet-Traffic&Transportation*. – 2012. – Vol 14. – №. 6. – P. 309–317.
8. Arnott, R. The economics of traffic congestion / R. Arnott, K. Small // *American Scientist*. – 1994. – P. 446–455.
9. Tabuchi T. Bottleneck congestion and modal split / T. Tabuchi // *Journal of Urban Economics*. – 1993. – Vol 34. – №. 3. – P. 414–431.
10. Lewis N.C. Traffic congestion and road pricing / N.C. Lewis // *Proceedings of the ICE-Transport*. – 1996. – Vol 117. – № 2. – P. 122–135.
11. Гюлев Н.У. К вопросу о зависимости функционального состояния водителя от его индивидуально – типологических свойств / Н.У. Гюлев. – *Коммунальное хозяйство міст*. – 2011. – Вып. 97. – С. 314–319.
12. Вайсман А.И. Основные проблемы гигиены труда водителями состава автотранспорта: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.12.02 / А.И. Вайсман; – М., 1975. – 37 с.
13. Гюлев Н.У. Влияние темперамента на функциональное состояние водителя в транспортном заторе / Н.У. Гюлев // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2012. – Т.2/3(56). – С. 39–41.
14. Гаврилов А.А. Моделирование дорожного движения / А.А. Гаврилов. – Москва: Транспорт, 1980. – 189 с.
15. Гюлев Н.У. Оценка значимости факторов, влияющих на функциональное состояние водителя / Н.У. Гюлев // *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. – 2011. – №10. – С. 140–144.
16. Бабков В.Ф. Неотложные задачи развития научных исследований в области безопасности и организация движения / В.Ф. Бабков. – М.: Тр. МАДИ, 1975. – Вып. 95. – С. 3–14.
17. Philip P. (2005) Fatigue, sleep restriction and driving performance / P. Philip, P. Sagaspe, N. Moore, J. Taillard, A. Charles, C. Guilleminault, B. Bioulac, // *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), P. 473–478.
18. Törnros J. Effect of driving speed on reaction time during motorway driving / J. Törnros // *Accident Analysis & Prevention*. – 1995. – Vol. 27. – № 4. – P. 435–442.
19. Nishida Y. Driving characteristics of the elderly: risk compensation of the elderly driver from the viewpoint of reaction behavior / Nishida Y. // *JSAE review*. – 1999. – Vol. 20. – № 3. – P. 375–380.
20. Jurecki R.S. The test methods and the reaction time of drivers / R.S. Jurecki, T.L. Stanczyk // *Eksplatacja i Niezawodność-Maintenance and Reliability*. – 2011. – № 3. – P. 84–91.
21. Gyulyev N. The issue of probability of traffic road accident on the elements of the transport network / N. Gyulyev, C. Dolya // *American Journal of Social Science Research* – 2017. – Vol. 3. – № 5. – P. 17–24.

22. Olhov V.S., Lubentsov A.V. Choice of reaction time on danger of the driver who operates the car, moving with exceeding of the established restriction on the traverse speed. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*. – 2017. – Vol. 17. – P. 307–312.

23. Mfinanga, D., Fungo T. Impact of Incidents on Traffic Congestion in Dar es Salaam City / D. Mfinanga, T. Fungo // *International Journal of Transportation Science and Technology*. – 2013. – Vol. 2, Issue 2, P. 95–108.

24. Gyulyev, N. Modeling the effect of traffic jam on driver's level of fatigue / N. Gyulyev, O. Lobashov, O. Prasolenko, I. Bugayov // *SHS Web of Conferences*. – 2019. – Vol. 67. – P. 1–8.

25. Гюлев Н.У. Влияние времени простоя автомобиля в дорожном заторе на функциональное состояние водителя / Н.У. Гюлев // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2011. – Т.1/10(49). – С. 50–52.

26. Prasolenko, O. Creating safer routing for urban freight transportation / O. Prasolenko, D. Burko, I. Tolmachov, N. Gyulyev, A. Galkin, O. Lobashov // *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 39. P. 417–427.

27. Ito, Predicting traffic congestion using driver behavior / T. Ito, R. Kaneyasu // *Procedia Computer Science*. – 2017. – Vol. 112. – P. 1288–1297.

28. Gyulyev N. Development of models for assessing a driver's failurefree operation in a transportation system under conditions of traffic congestion / N. Gyulyev, V. Voronko, S. Ostashevskiy, D. Ponkratov, S. Psol, I. Bugayov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2020. – Vol. 1. – № 3(103). – P. 24–38.

29. Long K. Exploring Traffic Congestion on Urban Expressways Considering Drivers' Unreasonable Behavior at Merge/Diverge Sections in China / K. Long, Q. Lin, J. Gu, W. Wu, L. Han // *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10, 4359.

30. Баевский П.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / П. М. Баевский. – М. : Медицина, 1979. – 298 с.

References

1. Lobanov, E.M. (1974). Proektyrovanye doroh y orhanyzaciya dvyzheniya s uchetom psichofyziolohyy vodytelia. M.: Transport, 311.

2. Havrylov, E.V., Dmytrychenko, M.F., Dolia, V.K. (2008). *Systemolohiia na transporti. kn. 5 :Erhonomika*. K.: Znanntia Ukrainy, 256.

3. Giulev, N.U. (2016). *Liud'skyy faktor i dorozhni zatory: monohrafija* / N.U. Giulev. – Charkiv : ChNUMH im. O.M. Beketova, 252.

4. Giulev, N.U., Dolia, V. K., Bychev, M.S. (2013). O vlyaniy yzmenenaya funkcyonalnoho sostojaniya vodytelia na bezopasnost' dorozhnoho dvyzheniya. *Vostochno-evropejskyy zhurnal peredovyh tehnologiy*. 3/3(63),67–69.

5. Khomjak, Ja.V. (1986). Orghanyzaciya dorozhnoho dvyzheniya. K.: Vysha shkola, 271.

6. Davis, L.C. (2012). Mitigation of congestion at a traffic bottleneck with diversion and lane restrictions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 391(4), 1679–1691.

7. Kalajžić, M., Miloš, K., Muić, M. (2012). Simulation Model of Traffic Jam at Crossroads. *Promet-Traffic&Transportation*. 14(6), 309–317.

8. Arnott, R., Small, K. (1994). The economics of traffic congestion. *American Scientist*. 1446–1455.

9. Tabuchi, T. (1993). Bottleneck congestion and modal. *Journal of Urban Economics*. 34(3), 414–431.

10. Lewis, N.C. (1996) Traffic congestion and road pricing. *Proceedings of the ICE-Transport*. 117(2), 122–135.

11. Giulev N.U. (2011). K voprosu o zavysymosti funkcyonaljnogoho sostojaniya vodytelja ot ego yndyvdyualjno – typolohycheskykh svojstv. *Komunaljne ghospodarstvo mist*. 97, 314–319.

12. Vajsman, A.Y. (1975). *Osnovnye problemy gigheny truda voditel'skogo sostava avtotransporta*. M., 37.

13. Giulev, N.U. (2012). Vlyaniye temperamenta na funkcyonalnoe sostojaniye vodytelja v transportnom zatore. *Vostochno-evropejskyy zhurnal peredovyh tehnologiy*. 2/3(56). 39–41.

14. Havrylov, A.A. (1980). Modelyrovanye dorozhnoho dvyzheniya / A.A. Havrylov. – M.: Transport, 189.

15. Giulev, N.U. (2011). Ocenka znachymosti faktorov, vlyajushchych na funkcyonalnoe sostojaniye vodytelia. *Vistnyk NTU «KhPI»*, 10, 140–144.

16. Babkov, V.F. (1975). Neotlozhnye zadachi razvitiya nauchnykh issledovaniy v oblasti bezopasnosti i organizaciya dvizheniya. *Tr. MADI*, 95, 3–14.

17. Philip, P., Sagaspe, P., Moore, N., Taillard, J., Charles, A., Guillemainault, C., Bioulac, B. (2005) Fatigue, sleep restriction and driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 473–478.

18. Törnros, J. (1995). Effect of driving speed on reaction time during motorway driving. *Accident Analysis & Prevention*, 27(4), 435–442.

19. Nishida, Y. (1999). Driving characteristics of the elderly: risk compensation of the elderly driver from the viewpoint of reaction behavior. *JSAE review*, 20(3), 375–380.

20. Jurecki, R.S., & Stanczyk, T.L. (2011). The test methods and the reaction time of drivers. *Eksplaatacja i Niezawodnos-Maintenance and Reliability*, (3), 84–91.

21. Gyulyev, N., Dolya, C. (2017) The issue of probability of traffic road accident on the elements of the transport network. *American Journal of Social Science Research*, 3(5), 17–24.

22. Olhov, V.S., Lubentsov, A.V. (2017). Choice of reaction time on danger of the driver who operates the car, moving with exceeding of the established restriction on the traverse speed. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*. 17, 307–312

23. Mfinanga, D., Fungo T. (2013). Impact of Incidents on Traffic Congestion in Dar es Salaam City. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 2(2), 95–108.

24. Gyulyev, N., Lobashov, O., Prasolenko, O., Bugayov, I. (2019). Modeling the effect of traffic jam on driver's level of fatigue. *SHS Web of Conferences*, 67, 1–8.

25. Giulev, N.U. (2011). Vlyaniye vremeny prostoya avtomobylja v dorozhnom zatore na funkcyonalnoe sostojaniye vodytelja. *Vostochno-evropejskii zhurnal peredovyh tehnologiy*. 1/10(49), 50–52.

26. Prasolenko, O., Burko, D., Tolmachov, I., Gyulyev, N. Galkin, A., Lobashov O. (2019). Creating safer routing for urban freight transportation. *Transportation Research Procedia*, 39, 417–427.

27. Ito, T., Kaneyasu, R. (2017). Predicting traffic congestion using driver behavior. *Procedia Computer Science*, 1288–1297.
28. Gyulyev, N., Voronko, V., Ostashevskiy, S., Ponkratov, D., Psol, S., Bugayov, I. (2020). Development of models for assessing a driver's failure-free operation in a transportation system under conditions of traffic congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(3/103), 24–38.
29. Long, K.; Lin, Q.; Gu, J.; Wu, W.; Han, L.D. (2018). Exploring Traffic Congestion on Urban Expressways Considering Drivers' Unreasonable Behavior at Merge/Diverge Sections in China. *Sustainability*, 10, 4359.
30. Baevský, P.M. (1979). *Prohnozyrovanye sostojany na hrany normy i patolohyy*. М.: Medycyna, 298.

Рецензент: д-р техн. наук, професор Ю.О. Давідіч, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ГЮЛЄВ Нізамі Уруджевич
доктор технічних наук, професор, професор каф.
транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ngulev2@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5665-2978>

Автор: ЛОБАШОВ Олександр Олександрович
доктор технічних наук, професор, завідувач каф.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – lobashov61@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6563-1319>

Автор: ДУЛЬФАН Сергій Борисович
кандидат технічних наук, ст. викладач каф.
транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – dts@citynet.kharkov.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5745-3954>

Автор: КУШ Євген Іванович
кандидат технічних наук, доцент, доцент каф.
транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yevhen.kush@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9439-7357>

Автор: ЗАГРЕБЕЛЬКО Юлія Сергіївна
студентка, каф. транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yuliazagrebelko@gmail.com

REGULARITIES OF CHANGING THE FUNCTIONAL STATE OF THE DRIVER IN THE TRANSPORT SYSTEM IN CASE OF TRAFFIC CONGESTION

N. Gyulyev, O. Lobashov, S. Dulfan, Y. Kush, Y. Zagrebelko

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

The object of this study is the process of driver's labor activity on road sections in the city's transport system in the process of transporting goods and passengers. The influence of traffic congestion on the level of the functional state of a choleric driver and a phlegmatic driver, which are opposite types of temperament, is considered. The hypothesis of the study is that the level of driver fatigue, determined by a change in his functional state in a traffic jam, affects the driver's reaction time and road safety and depends on the driver's condition and the parameters of the traffic jam. The degree of fatigue, which is determined by a change in the functional state of the driver, is determined based on the concept of the cardiovascular system as an indicator of the adaptive activity of the driver's body by measuring the electrocardiogram. To assess the level of driver fatigue, the irregularities of the electrocardiogram cardio intervals are analyzed, which are a universal response to any type of load: physical or mental. The level of fatigue is assessed in arbitrary units using a special algorithm that takes into account statistical indicators, histogram indicators and data from the spectral analysis of cardio intervals. Regularities of changes in the level of fatigue of a choleric driver and a phlegmatic driver, depending on various conditions of stay in a traffic jam, were obtained using nonlinear models of changes in their functional states. It was revealed that the most significant factor influencing the final level of fatigue of a choleric driver in a congestion is the duration of traffic congestion, the effect of which on the output function is manifested only in conjunction with the initial level of fatigue. The next most important parameter influencing the change in the level of fatigue is the initial value of the level of fatigue before the mash. The influence of the age of the choleric driver on the level of his fatigue in the congestion was less pronounced. As a result of the studies carried out and the revealed patterns, it was found that the duration of the congestion does not significantly affect the condition of the phlegmatic driver. The most important factor influencing his condition is the initial level of fatigue before entering the congestion. It was also found that the conditions of being in a traffic jam most significantly affect older choleric drivers (fifty or more years old) compared to young drivers thirty years old. Analysis of the research results showed that congestion lasting more than ten minutes leads to a significant increase in the level of fatigue of a choleric driver. Such situations can lead to an increased probability of a road traffic accident by a choleric driver. The obtained patterns of changes in the functional state of a choleric driver and a phlegmatic driver in a traffic jam allow predicting the driver's behavior after a traffic jam and assessing various options for the development of the road traffic situation that affect road safety.

Keywords: traffic jam, traffic congestion, level of fatigue, functional state, choleric driver, traffic safety.