

результативнішим тут виглядає імітаційний експеримент, хоча і він вимагатиме специфічних налаштувань.

Формула (5) показує, що навіть один ПА може значно знижувати середню швидкість пачки, та свідчить про доцільність розвитку представленого дослідження. Перспективним напрямом для цього є його розширення за рахунок розгляду ситуацій з більшою кількістю ПА у пачці. Виведення для них формул, аналогічних формулі (1), надасть можливість отримання загальної залежності з індивідуальними значеннями бажаної швидкості для всіх учасників руху, що початково відповідає відомому для вільних умов нормальному закону розподілу.

Перелік використаної літератури

1. Highway Capacity Manual 6th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Volume 1: Concepts / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press, 2016. 330 p.

2. Daganzo C.F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1994. Vol. 28, Issue 4. P. 269–287. DOI: [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0191-2615(94)90002-7).

3. Ву Дик Мінь. Підвищення ефективності організації дорожнього руху в транспортних районах міста : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії: 275 Транспортні технології (за видами) / Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. Харків, 2021. 205 с.

4. Khan, J.A., Tarry, S.R. Speed spot study by comparing time mean speed and space mean speed: A case study. *International Journal of Advanced Science and Research*. 2018, 3(1), p. 97–102. Available from: <https://www.allsciencejournal.com/assets/archives/2018/vol3issue1/3-1-59-588.pdf>.

5. Sarkar D.R., Kumar P. An investigation of traffic speed distributions for uninterrupted flow at blackspot locations in a mixed traffic environment. *IATSS Research*. 2024. Vol. 48, Issue 2. P. 180–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.03.004>.

6. Шевченко В.В. Визначення раціональних параметрів координованого управління дорожнім рухом на міських магістралях : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософії: 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. Харків, 2023. 224 с.

УДК 656.13

ВПЛИВ ДОРОЖНЬОГО ЗАТОРУ НА РІВЕНЬ СТОМЛЕННЯ ВОДІЯ-ХОЛЕРИКА

Гюлев Н.У., д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, e-mail: ngulev2@gmail.com,

Коркішко В.А., студент магістратури, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

Висока щільність транспортних потоків на вулицях міст, спричинена зростанням рівня автомобілізації, призводить до утворення численних черг на перехрестях та ділянках доріг та до появи заторних ситуацій.

Дорожні затори призводять до обмеження свободи діяльності водія, негативно впливають на його психофізіологію, погіршують функціональний стан. Зміна функціонального стану, що характеризує ефективну сферу діяльності водія, впливає на ступінь його втоми і, як наслідок, на безпеку дорожнього руху [1].

Також затори негативно впливають на екологічну обстановку міста через викид у атмосферу токсичних речовин, які у відпрацьованих газах транспортних засобів. Ці

речовини у повітрі погіршують стан водія і при цьому також підвищується ймовірність скоєння ним дорожньо-транспортної пригоди [2-4].

Транспортні затори впливають на чіткість тимчасових показників діяльності водія, які залежать, зокрема, від температури, тиску і вологості навколишнього повітря, освітленості робочого місця, шуму, вібрацій, варіацій енергетичних характеристик сигналів, що сприймаються водієм і низкою інших факторів, що відображають специфіку певної системи «людина-техніка». Кожен з цих факторів впливає на один або декілька аналізаторів людини, наприклад слуховий, зоровий, вестибулярний, і через них – на організм загалом. Стан газоповітряного середовища впливає й на мовлення людини.

Автомобіль є одним з найбільш потужних джерел забруднення навколишнього середовища отруйними речовинами відпрацьованих газів. Знаходження автомобілів у транспортних заторах із працюючими двигунами збільшує концентрацію отруйних речовин у навколишньому середовищі.

Водночас не всі водії однаково реагують на перебування у дорожніх заторах. Зміна функціонального стану та, відповідно, рівень втоми водіїв залежить від їх індивідуально-типологічних особливостей, віку чи темпераменту [5].

Звідси випливає необхідність дослідження впливу дорожніх заторів на рівень втоми водія.

Для проведення відповідних досліджень щодо оцінки зміни функціонального стану водія у дорожньому заторі були відібрані водії з темпераментом холерика.

Для завдань даної роботи найбільш придатний метод оцінювання функціонального стану шляхом реєстрації електрокардіограми. Електрокардіограма найбільш вивчена серед психофізіологічних методів, а методика її виміру та аналізу найбільш досконала.

Аналізуючи зміни ритму серцевих скорочень можна оцінити будь-яке навантаження на організм, чи це фізичне, чи емоційне. Інформація про те, як організм вийшов на той чи інший рівень діяльності, закодована у послідовності кардіоінтервалів.

Це інтегральна оцінка втоми організму людини. В основі цієї методики закладено теорію прямо пропорційної залежності нерівномірності кардіоінтервалів та рівня втоми (у літературних джерелах цю оцінку втоми організму людини часто називають показником активності регуляторних систем організму).

Рівень стомлення розраховується в умовних одиницях за спеціальною методикою, що враховує статистичні показники, показники гістограми та дані спектрального аналізу кардіоінтервалів [1]. Рівень функціонального рівня дає змогу оцінити адаптаційні можливості людини.

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

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

де А – сумарний ефект регуляції;

В – функція автоматизму;

С – вегетативний гомеостаз;

Д – стійкість регуляції;

Е – активність підкіркових нервових центрів.

Функціональний стан вимірюється у умовних одиницях. З урахуванням рівня стомлення можна визначати такі функціональні стани: стан оптимальної напруги регуляторних систем (норма $P_c = 1-2$ ум. од.); стан помірної напруги регуляторних систем ($P_c = 3-4$ ум. од.); стан вираженої напруги регуляторних систем ($P_c = 4-6$ ум. од.); стан перенапруги регуляторних систем ($P_c = 6-7$ ум. од.); стан виснаження регуляторних систем ($P_c = 7-8$ ум. од.); стан «зламування» адаптаційних механізмів, при якому домінують специфічні патологічні відхилення ($P_c = 8-10$ ум. од.).

Розроблена модель оцінки зміни функціонального стану водія-холерика виглядає так:

$$P_{ук} = 0,009 \cdot B_g + 2,045 \cdot \left| \ln(T_3/P_{ун}) \right| + 0,848 \cdot P_{ун}, \quad (2)$$

де $P_{ук}$ – рівень стомлення при виході із транспортного затору (кінцевий), ум. од.;

B_g – вік водія, роки;

T_3 – тривалість транспортного затору, хв;

$P_{ун}$ – рівень стомлення під час входу в транспортний затор (початковий), ум. од.

Далі наведено аналіз результатів досліджень деяких найбільш типових варіантів для водія-холерика, вік якого становить двадцять, сорок і шістдесят років.

При вході до затору двадцятирічного водія з $P_{ун} = 2$ ум. од. рівень втоми водія наприкінці затору значно зростає, більш ніж шість усл. од. Це відповідає стану вираженого напруження регуляторних систем.

У разі входу до затору з $P_{ун} = 4$ ум. од. функціональний стан водія-холерика до п'ятої хвилини транспортного затору змінюється незначно, далі погіршується, наближаючись наприкінці затору до семи усл. од.

При вході до затору з $P_{ун} = 5$ ум. од. рівень втоми водія-холерика на рис. 1 на початку транспортного затору трохи підвищується через інерційні процеси, що відбуваються в організмі, далі стан водія покращується і на шостій хвилині транспортного затору повертається до вихідного. Таке поліпшення стану в транспортному потоці великої густини пояснюється тим, що водій увійшов у затор у стані напруги. Потім рівень стомлення значно зростає. Наприкінці затору рівень втоми водія-холерика більше за сім усл. од. Це говорить про різко виражену перенапругу регуляторних механізмів.

Якщо водій опиняється у дорожньому заторі з $P_{ун} = 6$ ум. од. функціональний стан водія-холерика до шостої хвилини приблизно на 10-12% покращується, досягаючи п'яти з половиною ум. од. Далі функціональний стан погіршується. Рівень стомлення у своїй перевищує наприкінці затору сім усл. од., що свідчить про поступове виснаження регуляторних систем.

Динаміка зміни функціонального стану сорокарічного водія-холерика при $P_{ун} = 2$ ум. од. і $P_{ун} = 4$ ум. од. така сама, як у двадцятирічного, але має особливості.

Функціональний стан водія вік якого становить сорок років, у транспортному заторі при $P_{ун} = 5$ ум. од. змінюється в такий спосіб. До третьої хвилини затору значення рівня втоми водія зростає. Далі до шостої хвилини значення рівня втоми водія-холерика знижується, досягаючи початкового. Після цього функціональний стан водія-холерика погіршується, перевищуючи до кінця затору семи усл. од.

Функціональний стан водія-холерика при $P_{ун} = 6$ ум. од. покращується з третьої хвилини затору до шостої, досягаючи п'яти з половиною ум. од.. Далі відбувається зростання втоми і наприкінці транспортного затору його значення наближається до восьми ум. од.

Зміна рівня втоми шістдесятирічного водія-холерика відбувається наступним чином.

При вході до затору з $P_{ун} = 2$ ум. од. у водія-холерика шістдесяти років динаміка зміни функціонального стану подібна до зміни функціонального стану двадцятирічного водія. Кінцевий рівень стомлення в нього наближається до семи ум. од., що відповідає стану вираженої напруги регуляторних систем.

При вході до затору з $P_{ун} = 4$ ум. од. рівень стомлення водія-холерика до шостої хвилини затору зростає повільніше, ніж після цього. Далі рівень втоми водія-холерика значно зростає і досягає в кінці транспортного затору семи усл. од.

Рівень стомлення водія-холерика на початку транспортного затору при $P_{ун} = 5$ ум. од. трохи підвищується через інерційні процеси, що відбуваються в організмі, далі його стан починає покращуватися і доходить до початкового рівня на шостій хвилині затору. Таку ситуацію можна пояснити тим, що водій увійшов до затору у стані напруги. Потім стан водія-холерика значно погіршується. Розмір рівня втоми водія-холерика перевищує сім ум. од., що вказує на різко виражену перенапругу регуляторних пристроїв.

При $P_{ун} = 6$ ум. од. стан водія-холерика на шосту хвилину починає покращуватися і досягає п'яти з половиною ум. од. Далі значення рівня втоми зростає та наближається наприкінці дорожнього затору до восьми ум. од. Це свідчить про перехід у виснаження регуляторних систем організму.

Основними результатами дослідження є визначення тенденцій впливу параметрів транспортного затору на зміну функціонального стану водія-холерика та на рівень його втоми у заторі. Основними факторами, що впливають на рівень втоми водія-холерика, є значення початкового рівня втоми водія перед входом у дорожній затор, тривалість затору та вік водія.

Величина початкового рівня втоми значно впливає на стан водія у заторі. Знаходження водія у заторі з вихідним станом 5-6 ум. од. приводить у перші 3-7 хвилин до поліпшення його функціонального стану на 10-12% внаслідок інерційних процесів в організмі водія, а далі його погіршується. У цьому рівень стомлення зростає від 6 ум. од. до 8 ум. од. Найбільш суттєво тривалість затору впливає на водіїв старшого віку.

Тенденції зміни рівня стомлення водія-холерика, виявлені в ході дослідження, дозволяють прогнозувати поведінку водія після виходу із дорожнього затору та оцінити можливі схеми розвитку дорожньо-транспортної ситуації, що безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху.

Перелік використаної літератури

1. Гюлев Н. У. Людський фактор і дорожні затори: монографія / Н. У. Гюлев; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 235 с.
2. 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.
3. 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.
4. Arnott, R. The economics of traffic congestion / R. Arnott, K. Small // *American Scientist*. – 1994. – P. 446–455.
5. Гюлев Н.У. До питання щодо залежності функціонального стану водія від його індивідуально-типологічних властивостей / Н. У. Гюлев // *Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник*. – Харків: ХНАМГ, 2011. – Вип. 97. – С. 314 -319.