

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

УДК 656.13

М. В. Бойків

Національний університет “Львівська політехніка”
кафедра транспортних технологій

БЕЗПЕЧНІ РЕЖИМИ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЗАСЛІПЛЕННЯ

© Бойків М. В., 2016

Розглядаються результати дослідження тривалості адаптації зору водія в умовах засліплення та його вплив на безпечні режими руху у щільних транспортних потоках. Визначено, що вирішальним чинником для водія під час руху у темну пору доби є його функціональний стан, який впливає на роботу зорового аналізатора щодо адаптації і відновлення зору в умовах засліплення. Встановлено, що залежно від тривалості засліплення водія, швидкість руху засліпленого автомобіля і наступного, що рухається за ним, необхідно знизити до 30 % і більше, якщо більша початкова швидкість транспортного потоку. Також визначено, що навіть незначне засліплення водія призводить до нерівномірності руху усього транспортного потоку.

Ключові слова: тривалість адаптації, функціональний стан, безпечна швидкість руху, темна пора доби, тривалість засліплення.

In the article the results of research duration adaptation of the driver in terms of blindness and its impact on safe driving mode in dense traffic. Determined that the decisive factor for the driver when driving at night-time in terms of its functional blindness is a condition that affects the operation of the visual analyzer, to adapt and restore vision after blindness. Established that depending on the speed of the car and blinded the next, moving him, ponyzhaty safe speed should be 30 % or greater, the greater the initial velocity. Also determined that lowering speed varies depending on the functional status of drivers and even a slight glare causes uneven movement of all traffic.

Key words: adaptation duration, functional status, safe speed, dark time of day, length of blindness.

Постановка проблеми. Значна кількість дорожно-транспортних подій (ДТП) спостерігається у темну пору доби, коли інтенсивність руху істотно знижується порівняно з денним періодом доби. Рух у темну пору доби вимагає від водія особливої уваги та високої концентрації, оскільки відстань видимості об'єктів зменшується, особливо у темну пору доби, коли низький рівень порога яскравостей, якість освітлення та сприйняття водієм дорожньої обстановки істотно впливають на кількість інформації, яку сприймає водій. Особливу небезпеку має засліплення водія світлом фар зустрічного автомобіля, коли видимість погіршується або зовсім зникає. Процес адаптації, тобто відновлення зорових функцій після засліплення може коливатися у значних межах.

Вплив тривалості адаптації водіїв на безпечні режими руху в умовах засліплення у темну пору доби, коли знижується працездатність водіїв, зумовлює актуальність цієї роботи. В умовах недостатньої видимості під час вибору безпечної дистанції та швидкості руху необхідно

враховувати збільшення тривалості реакції, яке пов'язано з фізичною втомою водія та недостатніми індивідуальними навичками керування автомобілем у темну пору доби. Закономірності зміни безпечних режимів руху автомобілів у таких умовах є недостатньо вивченими. В існуючих дослідженнях неповністю врахований вплив тривалості зорової адаптації водія.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У процесі руху водій сприймає і опрацьовує великий потік інформації та визначає режим руху автомобіля, що помітно позначається на його функціональному стані [1]. Функціональний стан – це комплекс особистісних характеристик тих функцій і якостей людини, що прямо або побічно зумовлюють виконання трудової діяльності.

У [2] обґрунтовано, що зміна умов руху супроводжується багатьма зовнішніми проявами нервово-психічних процесів, що виникають в організмі водія – зміною частоти пульсу й дихання, частоти серцевих скорочень, частоти зміни погляду водія з одних об'єктів на інші, зміною нервово-емоційної напруженості. Умови руху та параметри транспортного засобу впливають на рівень стомлюваності на працездатність водія [3].

Надійність водія визначається його здатністю безпомилково керувати автомобілем у будь-яких умовах протягом усього робочого часу. Водій у процесі сприйняття великого потоку інформації зобов'язаний не лише виявити її, але і опрацювати, провести аналіз, ухвалити відповідне рішення і на його підставі провести певні дії.

У дослідженнях М. І. Гутченка вперше доведено, що людина-оператор виконує завдання керування за допомогою створення у реальному часі моделі керованого процесу на основі власного сигналу керування [4]. Експериментальні дослідження взаємозв'язку між психофізичними характеристиками водія та його здатністю уникати зіткнення показують, що за результатами психологічних тестів підтвердилась гіпотеза про те, що вибраний вектор психофізичних параметрів впливає на здатність водія уникати зіткнень з іншими автомобілями [5].

Для гарантії безпеки водій завжди повинен вибирати швидкість, відповідно до обставин руху і власного стану. Не менш важливе значення для безпеки руху має правильність і точність реакції водія. У раніше проведених дослідженнях [6] вказувалось, що вибір швидкісного режиму значною мірою впливає на безпеку руху. Зменшення відстані видимості у нічний час доби призводить до збільшення ймовірності виникнення аварійної ситуації, тому існує потреба детальніше вивчити ФС водія та його вплив на показники діяльності. У темну пору доби в умовах, коли освітленість різко змінюється у межах від 1 (затемнений салон) до 20000 лк (дальнє світло фар), водій на якийсь час втрачає здатність бачити [7]. Цей процес називається засліпленням. За своїми фізіологічними особливостями зіниця ока під час її освітлення звужується порівняно швидко (2–3 с), захищаючи рецептори ока від сильного світлового потоку, а під час затемнення – розширюється тільки за 15–300 с.

Аналіз характеристик зору свідчить про те, що найбільш складні умови зорової роботи водіїв вночі під час використання автомобільного освітлення, тому що зорові пороги великі і різко змінюються. Збільшення зорових порогів у темну пору доби призводить до скорочення інформаційної ємкості дорожньої обстановки і збільшення ймовірності виникнення ДТП.

Адаптація зору водіїв є ключовим чинником у забезпеченні безпеки руху у темну пору доби. Зміна освітленості навіть на 5 лк помітно позначається на чутливості зору щодо швидкого реагування на зміни умов руху, особливо під час зустрічного роз'їзду транспортних засобів [8]. Тому за належного рівня освітлення доріг загальна кількість дорожньо-транспортних подій може бути зменшена приблизно на третину.

На основі результатів досліджень режимів руху транспорту у періоди вечірніх і ранкових сутінків з використанням закону Вебера–Фехнера висунута гіпотеза про те, що на основі цього закону існує наявність зворотного зв'язку між горизонтальною освітленістю у періоди сутінків та режимом руху і його безпекою [9].

Автори проводили дослідження тривалості реакції водія у темну пору доби, де зазначається, що реакція тісно пов'язана з чутливістю його зору. Низький рівень порога яскравості вночі призводить до помилкових дій щодо вибору безпечної швидкості руху [10].

Під час розрахунку безпечної швидкості руху автомобіля з урахуванням часу реакції водія дистанція безпеки повинна бути меншою або дорівнювати відстані видимості. Враховуючи це, у [6] запропоновано розрахувати безпечну швидкість руху у гірських умовах залежно від відстані видимості з урахуванням психофізіологічних особливостей водія.

Формулювання цілей роботи. Необхідно більше уваги приділяти дослідженню водіїв у темну пору доби для кращого прогнозування їх поведінки в умовах недостатньої освітленості. Мета роботи – дослідити залежність адаптації зору водія від тривалості засліплення та її вплив на зміну безпечних режимів руху транспортних засобів у темну пору доби в умовах засліплення.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження тривалості відновлення зорової адаптації після засліплення був взятий метод психофізіологічного дослідження водіїв, який ґрунтується на засліпленні випробуваного світлом фари автомобіля у приміщенні (лабораторії) за відсутності видимості. Його суть полягала у тому, що водій розміщувався у темному приміщенні у лабораторних умовах. На нього направлялися автомобільні фари серійного автомобіля (Chevrolet Aveo), після чого вмикались і засліплювали піддослідного. Тривалість засліплення коливалась від 0,5 до 4 с. Тривалість засліплення була вибрана такою, яка притаманна середній тривалості засліплення на дорогах поза межами населених пунктів. Під час засліплення на стенді була розміщена одна з трьох геометричних фігур. Фігури відповідали за формою та розмірами дорожнім знакам (коло – заборонні та наказові, трикутник – попереджувальні, квадрат – інформаційно-вказівні, знаки сервісу та таблички до дорожніх знаків).

Після засліплення водій розпізнавав поданий йому знак, фіксуючи час. Впродовж усього досліді фіксувались показники ЕКГ. Після завершення досліді встановлювалась тривалість горіння фари та час виявлення піддослідним знака після засліплення, тобто час адаптації.

Отримані результати аналізувались і за ними будувались графіки залежностей тривалості адаптації (t_{ad}) від тривалості засліплення ($t_{засл}$), які показані на рис. 1.

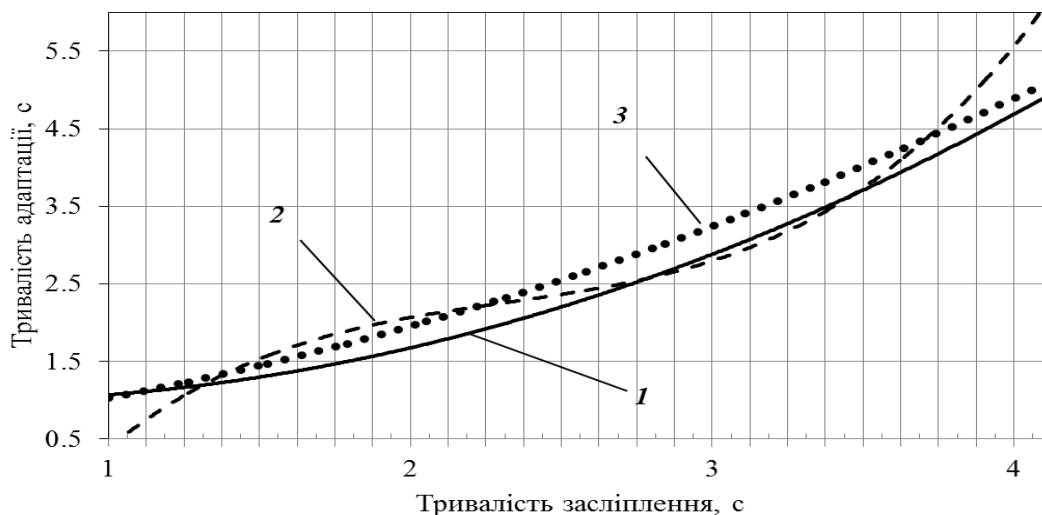


Рис. 1. Залежність тривалості адаптації водія від тривалості засліплення у лабораторних умовах для фігур різної форми: 1 – круглої; 2 – трикутної; 3 – квадратної

Проведені дослідження у лабораторних умовах дають змогу визначити залежність тривалості адаптації зору водія від тривалості засліплення.

Мета роботи – встановити, як впливає тривалість засліплення на тривалість розпізнання дорожніх знаків та форму яких якнайшвидше побачить водій після засліплення. Встановлено, що на тривалість адаптації водія впливає час засліплення, який змінюється у межах від 1 до 4 с. За

нетривалого засліплення 2 с середня тривалість адаптації під час розпізнання знаків круглої форми становить 1,55 с, квадратної – 1,95 с та трикутної – 2,26 с. Згідно з отриманими результатами, найкраще описує упізнання дорожніх знаків поліноміальна модель третього ступеня, оскільки середня помилка апроксимованих даних є найменша. Із збільшенням тривалості засліплення водія збільшується тривалість його зорової адаптації. Навіть незначне засліплення призводить до збільшення тривалості адаптації зору на кілька секунд.

На основі аналізу отриманих залежностей можна зробити висновок, що зі збільшенням тривалості засліплення від 0,5 до 4 с, тривалість адаптації збільшується до 6,0 с, відповідно. Різниця у розпізнаванні знаків різної форми від 0,5 до 2,5 с за тривалості засліплення 1 с свідчить про зорієнтованість водіїв до сприйняття знаків, що мають наказовий характер.

Дослідження зміни швидкості руху залежно від тривалості засліплення водія у реальних умовах проводились на кільцевій дорозі м. Львова. Рух у щільному потоці транспортних засобів вимагає від водія особливої уваги та високої концентрації. За руху у щільному потоці багато чинників визначає водій транспортного засобу (ТЗ), що їде попереду (“водій-лідер”). Оскільки за руху у щільному потоці видимість дороги перед автомобілем-лідером обмежена, то водію, що рухається позаду, важко заздалегідь передбачити причини ймовірного зниження швидкості або екстреної зупинки. Процес адаптації, тобто відновлення зорових функцій після засліплення, може коливатися у значних межах і досягати кількох секунд. За цей час автомобіль навіть за малої швидкості проїжджає доволі значну відстань.

Для досліджень обирався щільний транспортний потік із кількох автомобілів, де рух відбувався за автомобілем-“лідером”. Під час проведення експерименту засліпленню піддавали водія першого автомобіля та водія, який рухався за автомобілем-лідером.

Під час дослідження проводилась реєстрація зміни швидкості руху автомобіля та тривалості засліплення. Тривалість засліплення була у межах від 1 до 4 с, а сам факт засліплення був випадковим і здійснювався за швидкості руху транспортного потоку від 20 до 110 км/год.

Також під час засліплення та адаптації водіїв у реальних умовах за допомогою приладу “CardioSens” проводилась оцінка функціонального стану водія на основі реєстрації показника активності регуляторних систем на його зорову адаптацію.

Загальну залежність зміни тривалості адаптації водія від тривалості засліплення з урахуванням функціонального стану водія показано на рис. 2.

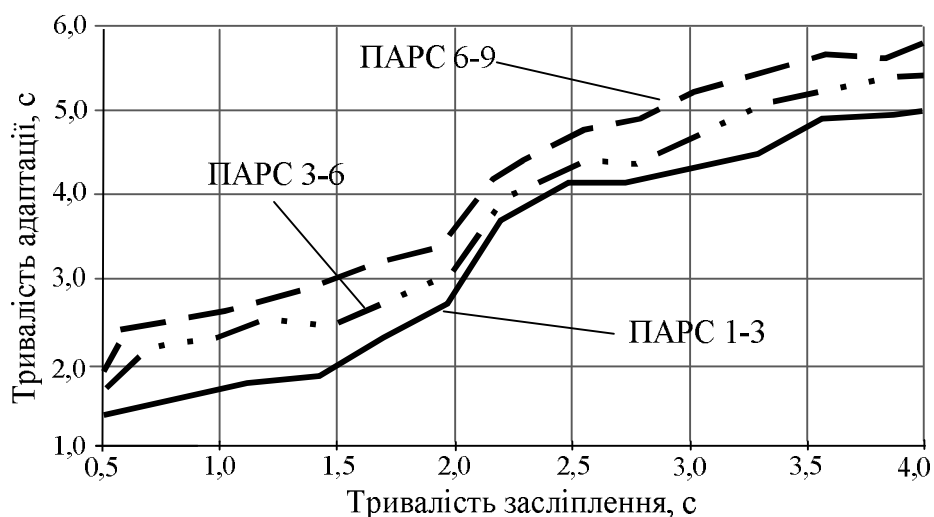


Рис. 2. Зміна тривалості адаптації водія залежно від тривалості засліплення з урахуванням функціонального стану

Засліплення водіїв іншими учасниками транспортного потоку призводить до погіршення сприйняття водієм дорожньої ситуації та збільшення часу реакції за рахунок коливання

функціонального стану. Із втотою водіїв у кожній групі, коли їх ПАРС знаходився у межах 4–6 балів, тривалість їх адаптації становила більше 2 с. У стані норми тривалість адаптації за різної тривалості засліплення була найменша. Із збільшенням показника активності регуляторних систем у водіїв навіть на 1 бал тривалість адаптації зору водія збільшувалась. У стані перенапруження, коли ПАРС перевищує 6 балів, спостерігаються найбільші значення тривалості адаптації.

Вирішальним чинником для водія під час руху у темну пору доби в умовах засліплення є його функціональний стан, який впливає на роботу зорового аналізатора щодо адаптації і відновлення зору після засліплення. Отже, навіть будь-яке відхилення функціонального стану від норми в умовах засліплення у темну пору доби призводить до збільшення тривалості адаптації та напруженості їх роботи.

За результатами натурних досліджень швидкісного режиму в умовах засліплення побудовано графічну залежність зниження швидкості руху автомобіля “водія-лідера” від тривалості його засліплення, (рис. 3). Аналізуючи отримані результати досліджень, встановлено, що за збільшення середньої швидкості на 20 % зниження швидкості у середньому збільшується на 10 %. Також можна зазначити, що після перевищення середньої швидкості руху транспортного засобу у потоці 70 км/год, навіть незначне засліплення призводить до нерівномірності руху усього транспортного потоку.

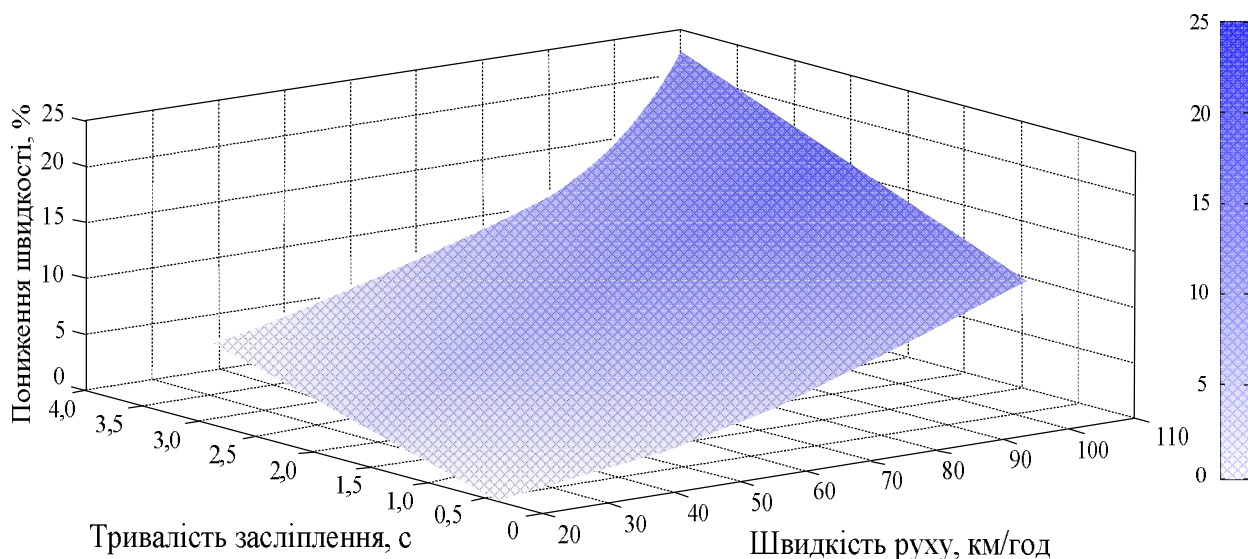


Рис. 3. Зниження швидкості руху автомобіля залежно від тривалості засліплення водія

Оскільки зниження швидкості руху за тривалого засліплення сягає більше 20 %, її потрібно враховувати під час вибору безпечних режимів руху у темну пору доби.

Якщо брати перший автомобіль, то до швидкості руху 75 км/год за тривалого засліплення його дистанція безпеки із врахуванням зниження швидкості дорівнюватиме гальмівному шляху, подальше збільшення швидкості буде невиправданим і призведе до зіткнення, оскільки дистанція безпеки буде більшою від відстані видимості, що освічується фарами автомобіля у темну пору доби.

Зниження швидкості руху та пройдений шлях автомобіля за відсутності видимості водієм є доволі істотним. У зв'язку із цим зростання динамічних характеристик транспортних засобів та недотримання безпечної дистанції руху у темну пору доби необхідно враховувати збільшення тривалості реакції водія в умовах засліплення під час розрахунків безпечних режимів руху. Згідно з проведеними дослідженнями зміни швидкісних режимів руху у транспортному потоці, для безпечного руху між автомобілями в умовах, де відсутнє освітлення проїзної частини та водій піддається засліпленню фарами зустрічних автомобілів, швидкість автомобіля, який рухається позаду, повинна не перевищувати 60 км/год.

Зниження швидкості змінюється залежно від функціонального стану водіїв. Середній темп сповільнення швидкісного режиму спостерігається у межах 7–12 %. У стані напруги і втоми тривалість адаптації зору водія збільшується, що вимагає від водія збільшення дистанції безпеки під час руху у транспортному потоці. Тому результати дослідження та отримані закономірності зміни безпечних режимів руху автомобіля у темну пору доби можуть бути використані для обґрунтування обмеження максимальної швидкості руху транспортних засобів у темну пору доби на неосвітлених ділянках вулиць та доріг.

Висновки. Аналіз проведених досліджень показав, що для підвищення безпеки дорожнього руху у темну пору доби потрібно враховувати психофізіологічний стан водія, оскільки процес адаптації зору до умов освітлення відбувається не відразу. Тривалість адаптації зору водія в умовах засліплення залежить від його функціонального стану і здійснює великий вплив на вибір безпечного режиму руху у темну пору доби. Навіть за нетривалого засліплення 1–2 с зміна функціонального стану водія призводить до збільшення часу адаптації. Зростання показника ПАРС вище 4-х балів, коли водій знаходиться у стані помірної напруги, приводить до зростання тривалості адаптації до 5 с.

Встановлено, що залежно від швидкісного режиму значення швидкості руху засліпленого автомобіля і наступного, що рухається за ним, зменшується до 30 %, і тим більше, чим більша початкова швидкість транспортного потоку.

1. Давідіч Ю. О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345 с.
2. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: учеб. для вузов / А. П. Васильев, В. М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
3. Мишурун В. М. Надійність водія і безпека руху / В. М. Мишурун, А. Н. Романов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
4. Гученко М. І. Методи і моделі підготовки операторів рухомих об'єктів в автоматизованих навчальних системах : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / М. І. Гученко. – Кременчук: КДПУ, 2006. – 397 с.
5. Боярчук А. В. Дослідження взаємозв'язку між психофізичними характеристиками водія та його здатністю уникати зіткнень / А. В. Боярчук, М. М. Іванова, М. І. Гученко. – КрУЕ: Нові технології. – 2009. – № 2. – С. 30–36.
6. Ковалишин В. В. Швидкісні режими руху автомобіля у гірських умовах з урахуванням психофізіологічних особливостей водія: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / В. В. Ковалишин. – Х. : ХНАМГ, 2013. – 171 с.
7. Кужель В. П. Дослідження особливостей сприйняття дорожньої обстановки водієм в темну пору доби / В. П. Кужель // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 3 (62). – С. 94–101.
8. Plainis S. William N. The Role of Retinal Adaptation in Night Driving / S. Plainis, I. Murray, W. Charman / *Optometry and Vision Science: American Academy of Optometry*. – 2005. – Vol. 82, No.8 – P. 682–688.
9. Рейцен Є. О. Дослідження операцій в містобудівництві / Є. О. Рейцен // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К., 2008. – № 31. – С. 312–316.
10. Plainis, S I., Murray J. Reaction Times as an Index of Visual Conspicuity when Driving at Night. / S. Plainis, J. Murray // *Ophthalm. Physiol. Opt.* – 2002. – P. 409–415.