

## МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

М. В. Бойків<sup>1</sup>

### ЗМІНА ТРИВАЛОСТІ РЕАКЦІЇ ВОДІЇВ ПРОТЯГОМ ДОБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

*Досліджено тривалість простої реакції водіїв у різні періоди доби та встановлено її збільшення зі зміною працездатності вночі. Робота вночі призводить до швидкого розвитку втоми. В періоди значного коливання показника активності регуляторних систем водіїв спостерігається збільшення тривалості реакції на 20...25 %.*

**Ключові слова:** тривалість реакції водія, період доби, функціональний стан.

#### Вступ

Час реакції водія відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки дорожнього руху. Збільшення часу реакції призводить до зміни динамічного габариту транспортного засобу [1]. Висока аварійність, пов'язана зі зміною рівня освітленості, надає питанню особливу актуальність. Водій повинен постійно сприймати великий обсяг інформації про характер і режим руху всіх його учасників, стан і параметри дороги, стан навколишнього середовища і наявність засобів регулювання, стан вузлів і агрегатів автомобіля. Найголовніша особливість, яка ускладнює сприйняття дорожньої обстановки при освітленні фарами, полягає в тому, що збільшення швидкості руху автомобіля призводить до скорочення дальності видимості дороги. Важливим чинником, що призводить до помилок водія при керуванні автомобілем вночі, є зниження його працездатності. Оскільки перехід до темної пори доби проходить тривалий час, відбувається постійна зміна функціонального стану в залежності від періодів його працездатності. Тому дослідження функціонального стану водіїв у різні періоди доби є актуальною задачею пов'язаною з необхідністю розробки раціональних режимів їх роботи та відпочинку.

#### Постановка проблеми

Функціональний стан (ФС) водія впливає на час реакції як в простій, так і у складній ситуації. В кожного водія є свій оптимальний ФС, в якому він здатен найкраще реагувати на подразники. Це відбувається тому, що з відхиленням в «+» чи «-» значень показника активності регуляторних систем (ПАРС) та індексу напруження (ІН) погіршується функціональний стан водія, а в результаті і тривалість його реакції [2—4].

Час виявлення водієм об'єкта залежить від того, як сильно той об'єкт, що з'явився, виділяється на навколишньому тлі, тобто від ступеня контрасту і габаритів об'єкта. При високій контрастності, гарному освітленні і великих габаритах об'єкт буде виявлений раніше, ніж малопомітний об'єкт за обмеженої видимості. При дослідженні відповіді водія на подразники, без врахування його функціонального стану, неможливо пояснити такі чинники, як неоднозначність часу реакції на той самий сигнал, зміна реакції в часі або поява часу реакції меншої величини при значній втомі у порівнянні з періодом оптимальної працездатності [1]. Керування транспортним засобом у темну пору доби суттєво ускладнюються через погіршення видимості дороги, втрачається кольорове сприйняття об'єктів, і розрізнити їх можна лише за яскравістю. Їх яскравість і контрастність відносно дороги різко зменшується.

Одним з основних показників, який визначає надійність водія і безпеку руху, є здатність водія сприймати та переробляти інформацію. Управління автомобілем вимагає від водія підвищеної емоційної напруги, що призводить до швидшого стомлення. Тому існує потреба у дослідженні зміни тривалості реакції водіїв у темний період доби, оскільки така зміна негативно відбивається

на безпеці дорожнього руху.

Водій у процесі сприйняття величезного потоку інформації, зобов'язаний не лише виявити її, але і опрацювати, провести аналіз, ухвалити відповідне рішення і на його підставі провести дії. Весь процес від сприйняття до здійснення дії вимагає певних витрат часу, який ще називають часом реакції водія [2].

На сьогоднішній день отримано багато закономірностей зміни часу реакції людини-оператора. Серед вчених, які займалися цим питанням, треба відмітити: Е. М. Лобанова, Р. М. Баєвського, В. М. Мішуріна, [1, 4—5] та ін. Кожен з них займався дослідженням часу реакції у разі впливу різних чинників на водія як в реальних, так і в лабораторних умовах. На цей час виявлено межу значень часу реакції водія, вона складає від 0,4 до 2,5 секунд залежно від функціонального стану водія, особливостей сигналу тощо [3]. Від часу реакції водія в більшості випадків залежить гальмівний шлях автомобіля при екстремому гальмуванні. Тому дослідження тривалості реакції водія та можливість її зменшення має важливе значення для підвищення безпеки дорожнього руху [5]. Вважається, що середній час простої реакції водія складає 0,8...1,0 с. Цей час може змінюватися в межах від 0,4 до 1,5 с [3].

Експериментальні дані показують, що зі зменшенням освітленості не тільки знижується дальність бачення, але водночас збільшується час акомодатції й адаптації зору [6]. В більшості досліджень [7, 8] рух очей пов'язували з окулографією (ОКГ) та функціональним станом водія. Встановлено зв'язок між характеристиками зорового поля і тимчасовими характеристиками руху очей. Вивчаючи швидкість переробки інформації у праці [1], доведено зв'язок характеру руху очей з величиною інформаційного навантаження.

При дослідженні відповіді водія на подразники, без врахування його функціонального стану, неможливо пояснити такі чинники, як: неоднозначність часу реакції на той самий сигнал, зміну реакції в часі або появу тривалості реакції меншої величини за значної втоми у порівнянні з періодом оптимальної працездатності [5]. В залежності від впливу зовнішніх факторів та функціонального стану, водій по-різному аналізує інформацію, що в деяких випадках призводить до помилкових рішень чи дій.

Вночі потрібна висока стійкість уваги, тому що величина психічних навантажень, які сприймає водій (в основному зорових), призводить до швидшої стомлюваності, ніж удень.

Якщо в денні 6...8 годин роботи у водія не виявляються об'єктивні ознаки стомлення, то за 4...5 годин роботи вночі вони виявляються повною мірою. В результаті стомлення водія після 5 годин роботи вночі втрата видимості при зустрічному роз'їзді збільшується [6]. З настанням темряви погіршується видимість доріг, оточуючих об'єктів, та зір погіршується значно швидше, ніж удень.

*Метою роботи є дослідження зміни тривалості реакції водіїв в різну пору доби у залежності від функціонального стану (ФС).*

Для досягнення мети розв'язано такі завдання:

- визначення зміни тривалості реакції водіїв у різний час доби;
- визначення функціонального стану водіїв у різний час доби;
- визначення періодів максимального функціонального напруження водіїв під час доби.

### Результати досліджень

Для визначення часу реакції водія розроблена комп'ютерна програма авторами [9], яка включає в себе два тести. За допомогою цієї програми можна досліджувати реакцію водія у складних та простих ситуаціях. Тест цієї програми побудований на основі небезпечних ситуацій, які трапляються з водіями під час руху. Основна мета — розпізнати небезпечну ситуацію та відреагувати на неї.

Для дослідження обрано окремі періоди роботи, які у водіїв характеризуються різною концентрацією та швидкістю реакції на подразники, щоб з достатньою точністю визначити зміну тривалості реакції водіїв протягом доби. Для порівняння тривалості реакції обрано відрізок часу вдень з 13 год по 14 год та вночі з 2 год по 3 год. Також взято до уваги перехідний ранковий період доби з 5:00 год по 6:00 год та вечірній з 21:00 год по 22:00 год. Такий вибір періодів дослідження тривалості реакції зумовлений зміною фаз працездатності водіїв протягом доби.

Перед кожним дослідженням тривалості реакції водіїв визначався їх початковий ФС за допомогою програмно-апаратного комплексу холтерівського моніторингу ЕКГ «Cardio Sens». Оцінка ФС здійснювалася на основі показника активності регуляторних систем (ПАРС) [4]. Перед початком кожного із періодів тестування водії перебували у стані норми або стані задовільної адаптації, ПАРС яких складав 1...3 бали.

Результати дослідження зміни тривалості реакції в різні періоди доби протягом 1 години наведені на рис 1. Найбільша зміна тривалості реакції спостерігалась вночі, від 706 мс до 1420 м.

Найменша зміна тривалості реакції водія спостерігалась в денний період доби. Після 30 хв дослідження тривалість реакції водіїв стабілізується та досягає своїх найменших значень у кожному із обраних періодів доби. Із графіка також видно, що у вечірній період та вночі тривалість реакції у водіїв є значно більшою, і порівняно з денним періодом зростає на 350...400 мс. Після 20...30 хв проведення дослідження тривалість реакції у водіїв зменшувалась, що пояснюється деякою фазою входу у процес роботи, в результаті чого відбувається адаптація організму людини до трудових навантажень, організовується злагоджена система рухів і відповідна їм взаємодія між органами і системами. Важливим чинником, що приводить до значних коливань тривалості реакції водія вночі, є зниження його працездатності. Зміна функціонального стану протягом години дослідження наведено на рис. 2. На основі аналізу отриманих залежностей зміни функціонального стану можна зробити висновок, що порівняно із вечірнім та раннім періодом доби тривалість реакції водія вночі є найбільшою і характеризується напруженістю роботи. Показник активності регуляторних систем має найбільшу амплітуду коливань і досягає своїх максимальних значень 4...5 балів.

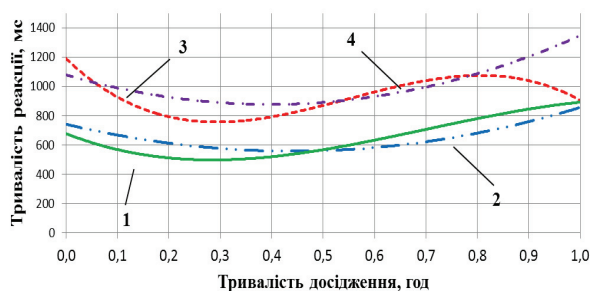


Рис. 1. Зміна тривалості реакції водія у різні періоди доби: 1 — вдень; 2 — зранку; 3 — вечірній період; 4 — вночі

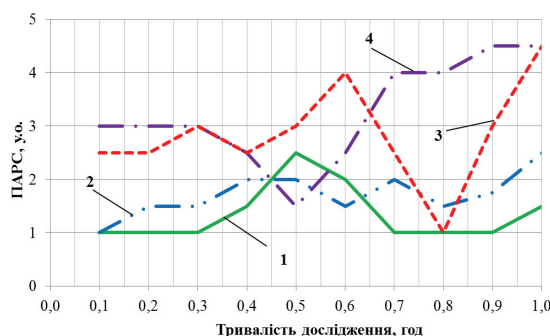


Рис. 2. Зміна функціонального стану водіїв у різні періоди доби: 1 — вдень; 2 — зранку; 3 — вечірній період; 4 — вночі

Залежності на рис. 2 демонструють, як функціональний стан водіїв корелює із зміною тривалості реакції водіїв у різні періоди.

Кожний період доби у водіїв характеризується своєю напруженістю роботи (див. рис. 2), за якого він показує найкращу ефективність своєї роботи під час дослідження. У кожен період доби у водіїв є свої середні значення ПАРС, зранку і в денний період доби, значення яких є дуже близькими і не перевищують 3 у. о. Значні коливання ПАРС вночі та у вечірній період призводять до збільшення тривалості реакції водіїв. В кожного водія є свій оптимальний функціональний стан, який залежить від його працездатності, яка змінюється залежно періоду доби.

Проведено математичний аналіз тривалості простої реакції водіїв, як випадкової величини та за допомогою коефіцієнта кореляції виявлення зв'язку тривалості реакції між досліджуваними періодами доби. Дані для кожного дня тижня можна розглядати як реалізацію неперервного випадкового процесу з дискретним часом.

У результаті проведення досліджень тривалості реакції  $n$  незалежних експериментів отримано середні годинні значення тривалості реакції протягом чотирьох періодів, що можна розглядати як випадковий процес  $t_p(T)$ . Щоб виявити зв'язок тривалості реакції між годинами доби визначимо для  $t_p(T)$  ймовірнісні характеристики та зводимо їх у таблицю.

#### Зведені результати розрахунку ймовірнісних характеристик тривалості реакції водія

Характеристики випадкової величини	Період доби			
	Ранок	Ніч	День	Вечір
Математичне очікування $(M_{t_p}(T))$ , мс	656,2	940,8	654,4	1019,3
Стандартна похибка	47,2	63,2	70,7	111,6
Мода	703	954	546	980
Середньоквадратичне відхилення $(\sigma_{t_p})$	156,8	209,6	234,6	370,4

Продовження табл.

Характеристики випадкової величини	Період доби			
	Ранок	Ніч	День	Вечір
Мінімум, $(t_p^{\min})$ , мс	484	714	468	658
Максимум, $(t_p^{\max})$ , мс	968	1420	1264	1701
Сума $(\sum t_p)$ , мс	7219	10349	7199	11213

Щоб виявити зв'язок тривалості реакції між годинами доби необхідно визначити для  $t_p(T)$  математичне очікування появи середньозваженої тривалості реакції  $M_{t_p}(t)$ , дисперсію  $D_{t_p}(t)$  і кореляційну функцію  $K_{t_p}(t_k, t_l)$  та за цими характеристиками побудувати графіки залежностей для значення аргументу  $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_m$ .

Функція  $\tilde{p}_{t_p}(t_k, t_l)$  аналогічна кореляційному моменту і визначає ступінь зв'язку між елементами  $n$  рядів та  $m$  стовпців. Ця функція також характеризує випадковий процес, так як для кожної пари дискретних значень аргументів  $\tilde{p}_{t_p}(t_k, t_l)$  вона дорівнює коефіцієнту кореляції.

Відповідно головна діагональ матриці нормованої кореляційної функції становить значення 1 і за аналогією з кореляційним моментом матриця симетрична відносно цієї діагоналі [10]. Ця матриця нормованої кореляційної функції відображає залежність зміни тривалості реакції водія між періодами доби, в межах від  $-1$  до  $+1$ . Кінцевий результат запишеться так:

$$\tilde{K}_x(t_k, t_l) = \begin{bmatrix} 1 & 0,989 & 0,792 & 0,483 \\ 0,989 & 1 & 0,580 & 0,606 \\ 0,792 & 0,580 & 1 & 0,917 \\ 0,483 & 0,606 & 0,917 & 1 \end{bmatrix}$$

У нашому випадку із матриці нормованої кореляційної функції побудуємо графік залежності коефіцієнта кореляції від періодів доби (рис. 3).

Матриця нормованої кореляційної функції вказує на те, що тривалості реакцій між відповідними періодами повністю залежні, зранку коефіцієнт кореляції для періоду 02...03 та 06...07 години становить 0,917, а це означає, що тривалість реакції водія у цих періодах (годинах) залежать одна від одної.

Наприклад, зранку: коефіцієнт кореляції для періоду 02...03 год та 06...07 год становить 0,917, а це означає, що тривалість реакції водія у цих періодах (годинах) залежать одна від одної, подібно як увечері (21...22) і зранку (06...07) становить 0,606, але зв'язок уже менший.

Важливим чинником, що приводить до коливання зв'язку тривалості реакції водія під час дослідження його у різні періоди доби, є зниження його працездатності, зокрема з 22-ї години вечора до 6-ї години ранку. Причиною такого явища є порушення добового біоритму. Людина звикла працювати вдень і спати вночі, коли енергетичні затрати падають і всі життєві процеси проходять на нижчому рівні.

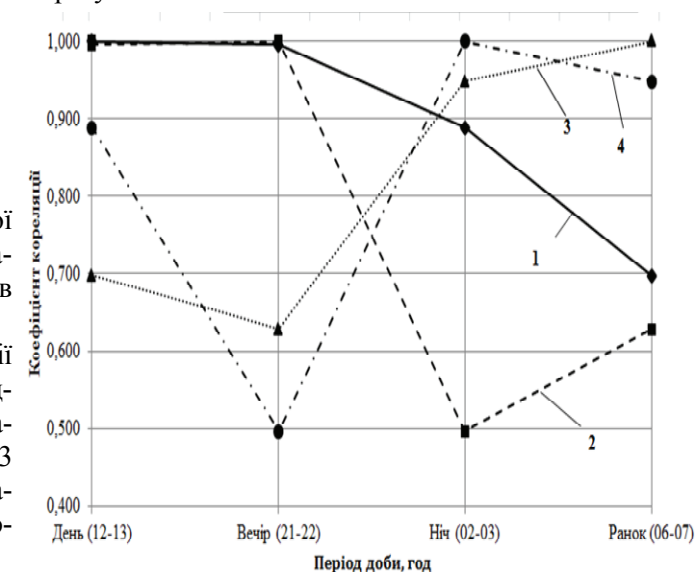


Рис. 3. Графік залежності коефіцієнта кореляції тривалості реакції водія від періоду доби (годин доби):

1 — вдень; 2 — вечірний період; 3 — вночі; 4 — зранку

## Висновок

На основі проведених досліджень встановлено, що зміна тривалості реакції водіїв протягом доби спостерігається у вечірній період, яка у середньому складає 1100 мс, найменша — в денний період — 650 мс. За однакового початкового функціонального стану водіїв перед дослідженням тривалість реакції, у темну пору доби є більшою на 20...25 % у порівнянні з денним періодом до-

би. Також порушення добового біоритму під час роботи вночі сприяє швидкому розвитку втоми, що призводить до збільшення тривалості реакції. Так у вечірній період на вночі спостерігається найбільше коливання функціонального стану, ПАРС складає 3...5 балів. Тривалість реакція залежить від функціонального стану водія, оскільки із розвитком втоми, знижується його працездатність, яка впливає на значні її коливання.

Оскільки тривалість реакції водія, особливо у темну пору доби, зростає на 20...25 %, що суттєво збільшує дистанцію безпеки, необхідно враховувати такі зміни під час вибору безпечних режимів руху.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лобанов, Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. — М. : Транспорт, 1980. — 311 с.
2. Сосновикова, Ю. Е. Психические состояния человека, их классификация и диагностика / Ю. Е. Сосновикова. — Горький, 1975. — 117 с.
3. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія : навч. посіб. / Н. У. Гюлев; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. — Х. : ХНАМГ, 2012. — 185 с.
4. Баєвський Р. М. Математичний аналіз зміни серцевого ритму при стресі / Р. М. Баєвський, О. М. Кирилов, С. З. Клецкин. — М. : Наука, 1984. — 222 с.
5. Мишурич, В. М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей : учеб. пос. / В. М. Мишурич, А. Н. Романов, Н. А. Игнатов. — М. : МАДИ, 1982. — 254 с.
6. Кужель В. П. Дослідження особливостей сприйняття дорожньої обстановки водієм в темну пору доби / В. П. Кужель // Вісник ЖДТУ. — 2012. — № 3. — С. 94—101.
7. Лобанов Е. М. Методика оценки эмоционального состояния водителей с использованием психологических показателей / Е. М. Лобанов, В. В. Новизенцев // Тр. МАДИ. — 1975. — Вып. 95. — С. 110—132.
8. Rutley K. S. Heart Rate as a Measure in Road Layout Design Engonomics / K. S. Rutley, D. G. Mace. — 1972. — № 2. — P. 165—173.
9. Жук М. М. Методика досліджень впливу функціонального стану водія на час реакції у складних і простих ситуаціях / М. М. Жук, В. В. Ковалишин // Вісн. Донец. акад. автомоб. трансп. — 2011. — № 4. — С. 12—17.
10. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. — К. : Вища школа, 1976. — 232 с.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.05.2015

**Бойків Микола Васильович** — аспірант кафедри «Транспортні технології», e-mail: bojkiv.mykola@gmail.com .  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

**M. V. Boikiv<sup>1</sup>**

## Change of Reaction Time of Drivers in Different Periods of the Day Depending on Their Functional State

<sup>1</sup>National University Lviv Polytechnic

*There has been Investigated the length of simple reaction of drivers in different periods of the day and set increase of its efficiency changing at night. Working at night leads to a rapid development of fatigue. In periods of considerable oscillation of index of activity of the regulator systems of drivers there is an increase of duration of reaction by 20...25 %.*

**Keywords:** driver's reaction time, during day, functional status.

**Boikiv Mykola V.** — Post-Graduate Student of the Chair of Transport Technologies, e-mail: bojkiv.mykola@gmail.com

**М. В. Бойків<sup>1</sup>**

## Изменение продолжительности реакции водителей в разные периоды суток в зависимости от их функционального состояния

<sup>1</sup>Национальный университет Львовская политехника

*Исследована продолжительность реакции водителей в разные периоды суток и установлена его увеличения с изменением работоспособности ночью. Работа ночью приводит к быстрому развитию усталости. В периоды значительного колебания показателя активности регуляторных систем водителей наблюдается увеличение продолжительности реакции на 20...25 %.*

**Ключевые слова:** продолжительность реакции водителя, время суток, функциональное состояние.

**Бойкив Николай Васильевич** — аспірант кафедри «Транспортные технологии», e-mail: bojkiv.mykola@gmail.com