

## БЕЗПЕЧНА ДИСТАНЦІЯ РУХУ АВТОМОБІЛІВ У ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКАХ З УРАХУВАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ВОДІЯ

© Бойків М. В., Марій Р. А., 2017

Досліджено дистанцію безпеки на автомобільних дорогах залежно від рівня завантаження дороги рухом. Встановлено, що у частково зв'язаному потоці автомобілів із зменшенням дистанції безпеки швидкість руху стрімко знижується. Виявлено, що під час руху в міських умовах, де спостерігається висока щільність транспортного потоку, інтенсивність руху та перерозподіл її у просторі, дотримання дистанції безпеки водіями у таких умовах помітно позначається на їх функціональному стані.

**Ключові слова:** дистанція безпеки, рівень завантаження дороги рухом, функціональний стан водія, транспортний потік, швидкість руху.

M. Boykiv, R. Mariy

## SAFE DISTANCE OF VEHICLES IN TRAFFIC FLOWS CONSIDERING THE FUNCTIONAL STATE OF THE DRIVER

Investigated the safety distance depending on the roads of the road traffic load. Found that partially bound flow of cars while reducing safety distance, speed rapidly decreases. Revealed that while driving in urban traffic where the observed high traffic density, traffic flow and redistribution of space, distance driver safety compliance in these conditions significantly affects their functional state.

**Keywords:** safety distance, level road traffic load, functional state of the driver, traffic flow, speed.

**Формулювання проблеми.** Інформаційна насиченість сучасного дорожнього руху й високі швидкості автомобілів значно підвищують вимоги до своєчасного й правильного сприйняття довкілля. Аналіз нещасних випадків на багатосмугових проїзних частинах вказує на те, що значна кількість ДТП виникає внаслідок недотримання безпечної дистанції між транспортними засобами (ТЗ) [1].

Одним з основних показників, який визначає надійність водія і безпеку руху, є здатність водія сприймати та переробляти інформацію. Управління автомобілем вимагає від водія інтенсивної розумової діяльності і підвищеної емоційної напруги, що призводить до втоми і, як результат, до збільшення його реакції. Така робота зумовлює зниження швидкості руху, зменшення пропускної здатності дороги та погіршення умов руху транспортних потоків [2]. Проведені дослідження показують, що водії під час руху у правій смузі дотримуються більшої дистанції із ТЗ, що їдуть попереду, ніж у середній або в лівій смугах руху [3].

За невисоких швидкостей руху навіть незначне збільшення тривалості реакції водія вимагає від нього дотримання безпечної дистанції руху.

За різних рівнів завантаження дорога забезпечує різні рівні комфортності та безпеки руху. У зв'язку з цим дослідження роботи водія та визначення дистанції безпеки руху у щільних транспортних потоках (ТП) є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** При обмежених відстанях видимості дотримання безпечної швидкості руху помітно позначається на функціональному стані (ФС) водія. У раніше проведених дослідженнях [4] вказують, що вибір швидкісного режиму значною мірою впливає на

безпеку руху, оскільки водій повинен сприймати та аналізувати великий обсяг інформації про характер і режими руху всіх його учасників. При визначенні оптимальних для водіїв швидкостей та дистанцій руху між ТЗ у конкретних дорожніх умовах розглядалась дія мотивів безпеки руху та вільних дій [5].

Для характеристики умов руху за різних дорожніх умов використовують показник рівня завантаження дороги рухом. Під рівнем завантаження дороги розуміють відношення інтенсивності руху, яка зафіксована на ділянці дороги, що розглядається, до пропускної здатності цієї ділянки [6]. Аналіз меж застосування різних моделей руху ТП, а також спостереження за їх режимом руху з різною інтенсивністю вказують на можливість існування шести рівнів завантаження дороги рухом від А до Е (від вільних умов до затору) [7].

Прийняття водієм правильних рішень залежить насамперед від його функціонального стану та досвіду керування автомобілем. Для безпеки руху водій завжди повинен вибирати швидкість відповідно до дорожніх обставин і власного функціонального стану. Не менш важливе значення для безпеки руху має відповідна адекватність реакції водія. У раніше проведених дослідженнях вказують [8], що вибір швидкісного режиму значною мірою впливає на безпеку руху.

Надійність професійної діяльності водія значною мірою визначається інтегральним показником його психофізіологічних функцій. Вивчення таких функцій має важливе значення для прогнозування безпомилкових дій водія. Подальший комплексний підхід до оцінювання надійності роботи водіїв має сприяти зниженню аварійності на дорогах [9].

**Формулювання мети.** Метою роботи є визначення дистанції безпеки на основі аналізу функціонального стану водія під час руху у щільному транспортному потоці, яка не сприятиме підвищенню його напруженості роботи.

**Виклад основного матеріалу.** У вільному ТП виконувалось дослідження інтервалів слідування між автомобілями залежно від швидкості руху (рис. 1). Значення інтервалів отримано за результатами відеозйомки. Вони вимірювались у межах міста Львова та на ділянці дороги М-06 Львівської області. Інтервали слідування за різних швидкостей руху на ділянках ВДМ впливали на дистанцію безпеки. Причинами цього були динамічні властивості автомобілів.

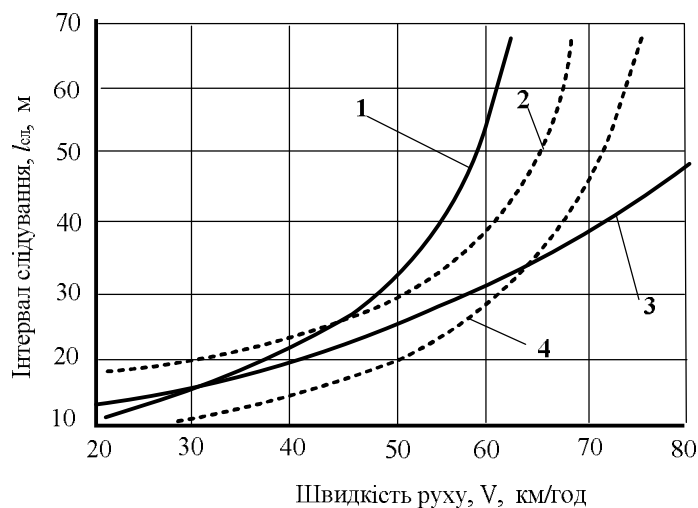


Рис. 1. Залежність інтервалів слідування від швидкості руху ТЗ:

- 1 – вантажний автомобіль за вантажним; 2 – вантажний автомобіль за легковим;
- 3 – легковий автомобіль за вантажним; 4 – легковий автомобіль за легковим

Видно, що із зростанням швидкості ТЗ понад 40 км/год інтервали слідування починають інтенсивно збільшуватись. Відстань між легковими автомобілями є меншою, ніж між вантажними, що пояснюється різними динамічними характеристиками ТЗ. На прямолінійних ділянках доріг

інтервали в русі залежать не лише від швидкості ТЗ, але і від наявності у ТП тихохідних транспортних засобів. Так, із збільшенням кількості вантажних ТЗ до 40 %, інтервал слідування зменшується в середньому на 45–50 %.

Збільшення інтенсивності руху призводить до порушення рівномірності руху ТП, пониження швидкості, збільшення кількості ДТП та зменшення економічної ефективності автомобільних перевезень.

Згідно із схемою виконання дослідження дистанції безпеки у реальних умовах обирався рух ділянками з різним рівнем зручності руху – від вільних умов до щільного ТП (рис. 2).

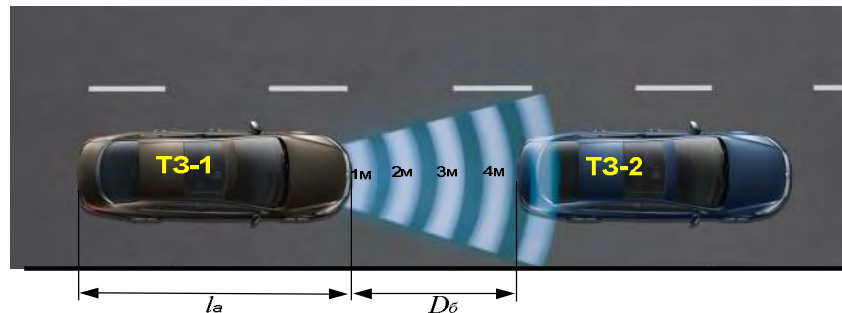


Рис. 2. Схема визначення дистанції безпеки між автомобілями у ТП:

$l_a$  – довжина автомобіля;  $D_б$  – дистанція безпеки

Погіршення функціонального стану водія понад норму зумовлює сповільнення реакції, що спричиняє небезпеку для учасників дорожнього руху. За високих швидкостей руху навіть незначне збільшення тривалості реакції водія вимагає від нього дотримання дистанції безпеки.

Для визначення змін у напруженості роботи водія за різного рівня завантаження дороги було проведено реєстрацію його функціонального стану під час руху. Оцінювали функціональний стан за системою холтерівського моніторингу КардіоСенс [10] на основі аналізу електрокардіограми, зокрема показника активності регуляторних систем (ПАРС) [11]. Результати змін функціонального стану на ділянках доріг з різним завантаженням наведено на рис. 3.

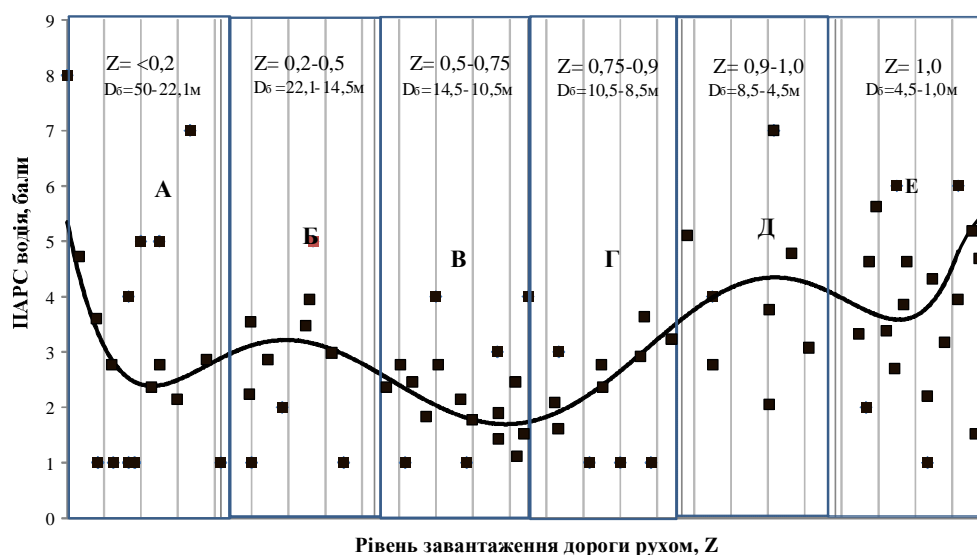


Рис. 3. Зміна функціонального стану водіїв залежно від рівня завантаження дороги рухом

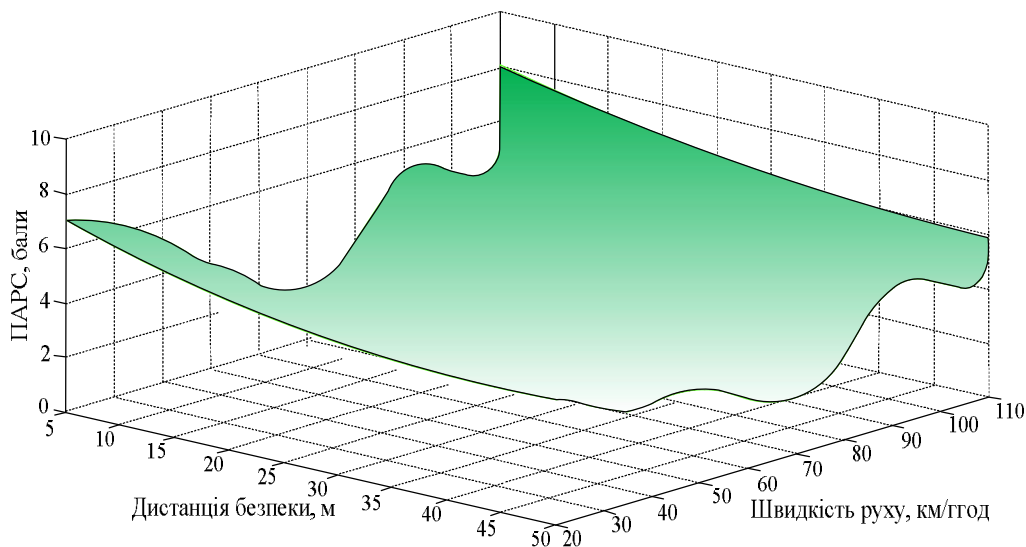
У частково зв'язаному ТП зменшується швидкісний режим до 80 км/год та дистанція безпеки – до 14–15 м. ПАРС у водіїв у цих умовах коливається в межах 3–4 бали. У цих умовах водій перебуває у стані помірної напруги. За рівня завантаження дороги “В”, який спостерігався у

позаміських умовах, дистанція безпеки зменшилась до 10 м, а швидкість коливалась у межах 50–60 км/год. ПАРС водія сягав найменших своїх значень, і водій перебував в оптимальному робочому стані.

У міських умовах руху, коли швидкості руху знижувались більше ніж на 50 %, а дистанція безпеки становила менше ніж 10 м, ПАРС почав зростати і коливався в межах 3–4 бали. Водій перебував у стані помірної напруги. За рівня завантаження дороги “Д” та “Е”, коли у щільному і насиченому ТП дистанція безпеки знизилась до мінімуму, ПАРС зріс на понад 5 балів.

За низьких швидкостей руху (до 40 км/год), зменшення дистанції безпеки менше ніж на 10 м призводило до збільшення ПАРС у водіїв на понад 3 бали. Це вказує на те, що подальше зменшення дистанції безпеки підвищуватиме напруженість роботи водіїв.

Важливим чинником вибору дистанції безпеки під час руху є також швидкість ТП. Для визначення напруженості роботи водія у цьому разі одночасно реєстрували його функціональний стан і швидкість руху за різної дистанції безпеки у ТП. Досліджували дистанцію безпеки на автомобільних дорогах загальнодержавного та місцевого значення, на яких спостерігався максимально допустимий швидкісний режим руху ТЗ. Результати цього дослідження у зазначених режимах з урахуванням функціонального стану водія наведено на рис. 4.



*Рис. 4. Зміна функціонального стану водіїв залежно від дистанції безпеки та швидкості руху ТЗ у транспортному потоці*

Під час руху ТЗ у вільних умовах спостерігався максимально допустимий швидкісний режим. ПАРС коливався у середньому від 4 до 5 балів, і функціональний стан водіїв характеризується вираженою напругою. В умовах руху, коли дистанція безпеки перевищувала 45–50 м, на стан водіїв впливав швидкісний режим. З рис. 4 видно, що зменшення водіями дистанції безпеки між автомобілями до відстані, меншої за 15 м, підвищує напруженість їхньої роботи. У таких умовах руху ПАРС зростає до 5 балів.

Дотримання водіями дистанції безпеки помітно позначалось на їх функціональному стані. Коли швидкості руху знизились більше ніж на 50 %, а дистанція безпеки стала меншою за 10 м, ПАРС у водіїв починає зростати. Так, у щільному транспортному потоці дистанція безпеки знижується до мінімуму, а ПАРС починає зростати до понад 6 балів. У цей час водій перебуває у стані помірної напруги, що погіршує його функціональний стан.

Найменша напруженість роботи у водіїв щодо вибору дистанції безпеки спостерігається за рівня зручності “В” (див. рис. 3) та середньої швидкості руху 55–65 км/год (див. рис. 4). Встановлено крім цього, що найбільшою напруженість роботи водіїв щодо визначення безпечної дистанції є під час руху з високими швидкостями руху, коли в обмежений проміжок часу потрібно

обрати необхідне рішення. Зменшення дистанції безпеки до 10 м за швидкісного режиму 100 км/год збільшує показник активності регуляторних систем на 45–49 %.

**Висновки.** Під час руху у щільному транспортному потоці проявляється уміння водія забезпечувати високий рівень безпечного керування транспортним засобом. Збільшення швидкості руху у таких умовах призводить до зниження безпеки руху. Завантаження дороги безпосередньо впливає на зручність руху, яка пов'язана з функціональним станом водія. Встановлено, що за дистанції безпеки у транспортному потоці 10–14 м та середньої швидкості руху 55–65 км/год спостерігається найменша напруженість роботи водіїв.

1. Wei S. A Safety Distance design model based on just noticeable difference / Wei S., Yanfang W., Xingli L. / *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 2011: 11(2). P. 33–38.
2. Гаврилов Э.В. Оценка безопасности движения в городских условиях / Гаврилов Э. В., Линник И. Э., Банатов А. В. / *Вестник ХГАДТУ.*, 2002. – вып. 17. – С. 57–62.
3. 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.
4. Matin S. Method for Road Lighting Audit and Safety Screening at Urban Intersections / Matin S., Niaki N., Saunier N., Luis F. / *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board: Volume 2458 / Visibility; Work Zone Traffic Controls; Highway-Rail Grade Crossings* 2014. – P. 27–36.
5. Коваленко Л. А. Влияние мотивации на выбор водителем дистанции между автомобилями / Л. А. Коваленко // *Вестник ХНАДУ: Сб. науч. тр.* – Харьков: ХНАДУ, 2000. – Вып. 12–13. – С. 183–185.
6. Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. – К. : Знання України, 2012. – 467 с.
7. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
8. Ковалишин В. В. Швидкісні режими руху автомобіля у гірських умовах з урахуванням психофізіологічних особливостей водія : дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / Ковалишин Володимир Володимирович. – Львів, 2013 – 167 с.
9. Garaga M. V. Analysis of psychophysiological factors of reliability of professional activity of motor transport drivers / M. V. Garaga, O. A. Panchenko, L. V. Panchenko // *European Science and Technology : materials of the IV international research and practice conference, Vol. II, Munich, April 10th – 11th, 2013 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2013.* – P. 571–577.
10. Система холтеровського моніторингу КардіоСенс : методическі рекомендації / Національний аерокосмічний університет “ХАІУ”. – Х., 2006. – 113 с.
11. Баевський Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевський, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 222 с.