

УДК 656.13.05

Дуднікова Н.М., к.т.н.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО КРИТЕРІЮ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ДІЛЯНКАХ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ

Формалізовано процес скоєння ДТП з причин раптової втрати водієм керованості транспортного засобу в умовах руху транспортних потоків автомагістраллю. Розроблено критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей з умов запобігання ДТП через втрату водієм керованості транспортним засобом.

Вступ

Аналіз розвитку технічного стану та безпеки руху на ділянках автомагістралей в Україні показав, що автомагістралі складають менш ніж 9% від протяжності всієї мережі доріг, їх технічний стан часто не відповідає діючим стандартам, тяжкість дорожньо-транспортних пригод на них (ДТП) перевищує показники по іншим видам доріг ($\approx 22\%$ загиблих) [1].

Рух змішаних транспортних потоків з високою швидкістю несе в собі суттєву небезпеку, оскільки при цьому виникають специфічні умови руху для транспортних засобів та праці водіїв. Однією з причин ДТП на ділянках автомагістралей в Україні є втрата водієм керованості транспортного засобу, яка розкривається у наступних видах ДТП: зіткнення транспортних засобів, наїзд на нерухому перешкоду, перекидання транспортного засобу.

На даний час розроблено та впроваджено значну кількість заходів щодо попередження ДТП засобами служби утримання доріг, але вони не забезпечують можливості попередити переміщення транспортного засобу, що втратив керованість, у напрямку побіжного зіткнення з транспортними засобами, які рухаються цією ж смугою, та в напрямку сусідніх смуг руху, де формується побіжне зіткнення транспортних засобів під деяким кутом.

Мета роботи

Вищезазначене обумовлює актуальність дослідження, спрямованого на розробку моделей умов скоєння ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу в транспортному потоці на ділянці автомагістралі та відповідного критерію безпеки руху.

Основна частина

Втрата водієм керованості транспортного засобу — це результат раптового перевищення динамічними силами, що діють на транспортний засіб у зв'язку з виконанням певного маневру на високій швидкості руху, сил зчеплення, які формуються в зоні контакту коліс транспортного засобу з поверхнею дорожнього покриття. Досить важливим моментом в цьому є раптовість та неможливість водієм адекватно та однозначно оцінити в певний момент часу достатність зчепних якостей покриття для безпечного виконання певного маневру. Аналіз умов виникнення ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу показав, що значення коефіцієнта зчеплення при цьому не перевищувало 0,42 [2, 3].

ДТП на лівій смузі ділянки автомагістралі найчастіше відповідають наступним видам: 1 — зіткнення транспортних засобів, 2 — перекидання транспортного засобу. На правій смузі: 3 — наїзд на зупинений транспортний засіб, 4 — наїзд на нерухому перешкоду. Втрата водієм керованості транспортного засобу є умовою необхідною для виникнення ДТП на ділянці автомагістралі, але не є достатньою. Достатність обумовлюється двома факторами: на-

явністю значного бічного переміщення автомобіля до краю відповідної смуги руху та наявністю на сусідній смузі руху іншого транспортного засобу. Перший — пов'язаний з особливостями кінематики руху транспортного засобу відповідною смугою ділянки автомагістралі, а другий — з формуванням транспортних потоків смугами руху ділянки автомагістралі.

Співвідношення швидкості поперечного переміщення транспортного засобу, відстані, на яку зміщується транспортний засіб для виїзду за межі смуги руху, та часу реакції водія — визначають раптовість виникнення втрати керованості та можливість водія запобігти ДТП. Пропонується розкрити процес формування раптової втрати водієм керованості транспортного засобу на прямолінійних ділянках автомагістралей в умовах швидкості руху від 80 до 150 км/год, максимального коефіцієнта зчеплення — 0,42 та поперечного похилу дорожнього покриття — 0,02.

Процес виникнення ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу, що рухається лівою смугою автомагістралі, насамперед пов'язаний з розташуванням автомобілів, учасників ДТП, в момент зіткнення у межах правої смуги руху. На рис. 1 та рис. 2 наведено графічні моделі умов скоєння ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу в транспортному потоці на лівій та правій смугах руху ділянки автомагістралі.

Для виникнення ДТП у потоці між парою транспортних засобів 1 і 3, відповідно рис. 1, в граничних положеннях, необхідно щоб попереду транспортного засобу 1, рухався транспортний засіб 2 на такій відстані, яка дозволяла би водію транспортного засобу 1 збільшувати швидкість до значення V_{m1} , що відповідає початку втрати керованості. Транспортний засіб 3, що рухається правою смугою, повинен знаходитись у початковому положенні на відносній відстані від транспортного засобу 1, яка виникає у момент втрати керованості транспортного засобу 1, при якій можливе ДТП. Водій транспортного засобу 1 може почати збільшувати швидкість руху і після проїзду біля транспортного засобу 4, що рухається правою смугою за транспортним засобом 3 і знаходиться на відповідній відстані від транспортного засобу 1, яка виникає у момент втрати їм керованості. За час реакції водія і запізнювання рульового керування, під дією складової ваги від поперечного похилу проїзної частини при відповідній швидкості V_{m1} , що відповідає початку втрати керованості, транспортний засіб 1 проїжджає відстань S_1 , тобто переміщується вздовж дороги в поперечному напрямку за межі лівої смуги, а транспортний засіб 3, за цей же час, рухаючись правою смугою, проїжджає відстань S_3 . У результаті чого відбувається побіжне зіткнення транспортних засобів 1 і 3.

Відстань l''_{1-2} , рис. 1, у вигляді інтервалу між транспортними засобами транспортного потоку лівої смуги руху може бути умовно поділена на дві складові: перша складова відповідає відстані, яку проїжджає транспортний засіб 1 для збільшення швидкості до рівня V_{m1} (приймаємо, що початкова швидкість транспортного засобу 1 відповідає середній швидкості транспортного потоку на лівій смузі та також дорівнює швидкості руху транспортного засобу 2, який теж рухається у цьому потоці); друга — відповідає мінімальній відстані між транспортними засобами, яка змушує водія транспортного засобу 1 почати зменшувати швидкість до рівня швидкості транспортного засобу 2 — V_2 . Таким чином, з урахуванням [2, 3], отримаємо:

$$l''_{1-2} = L_1 + L_2 + \frac{V_{m1}^2 - V_2^2}{2 \cdot j} + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_{m1}}. \quad (1)$$

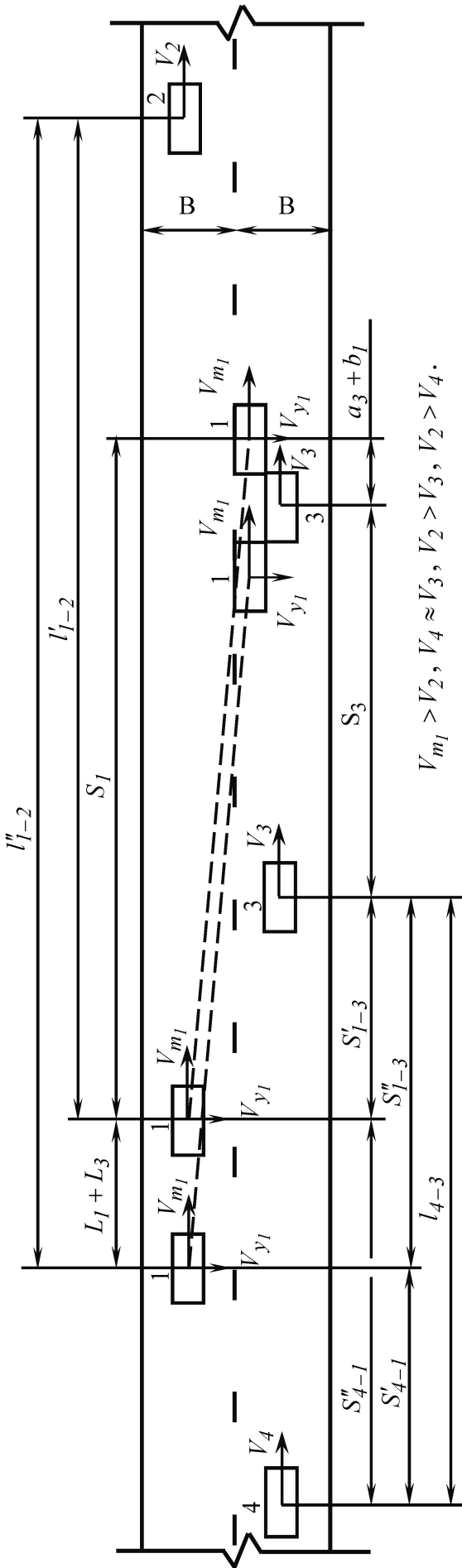


Рис. 1. Графічна модель умов скоєння ДТП через втрагу водієм керованості транспортного засобу в транспортному погоді на лівій смузі руху ділянки автомагістралі.

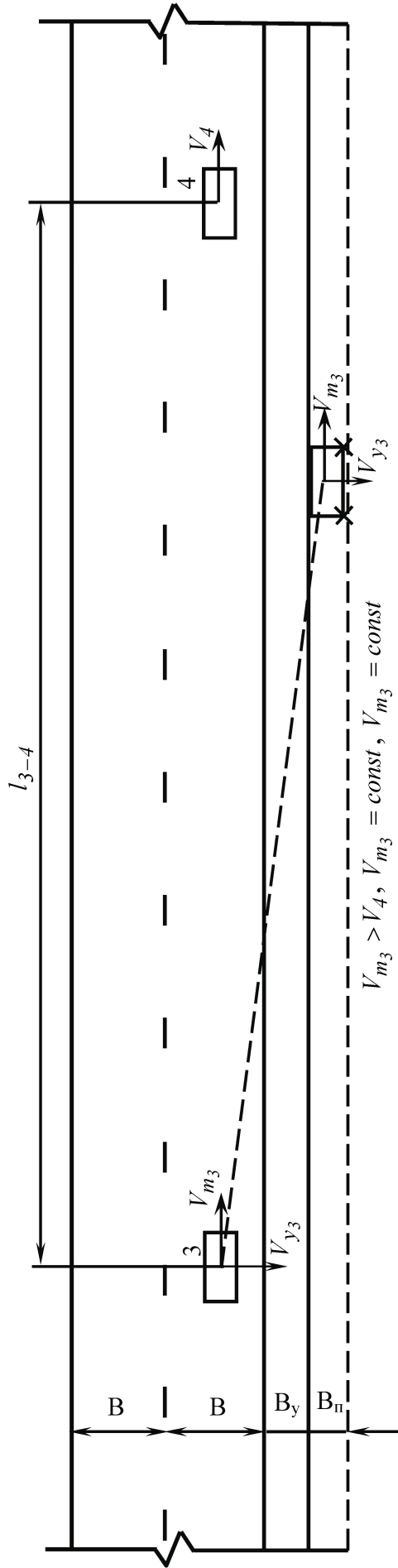


Рис. 2. Графічна модель умов скоєння ДТП через втрагу водієм керованості транспортного засобу в транспортному погоді на правій смузі руху ділянки автомагістралі.

Відповідно рис. 1 та рис. 2 l_{4-3} — мінімальний інтервал руху у транспортному потоці правої смуги руху, при якому може відбутися ДТП; 1 — транспортний засіб, що втратив керованість на лівій смузі руху; 2 — транспортний засіб, що рухається у транспортному потоці лівої смуги руху; 3 — транспортний засіб, що рухається правою смугою руху відповідно рис. 1; що втратив керованість на правій смузі руху, відповідно рис. 2; 4 — транспортний засіб, що рухається у транспортному потоці правої смуги руху; V_{m_1}, V_{m_3} — подовжні швидкості руху транспортних засобів відповідно, лівої та правої смуги руху, при яких вони втратили керованість; V_{y_1}, V_{y_3} — поперечні швидкості руху транспортних засобів, відповідно лівої та правої смуги руху, при яких вони втратили керованість; V_2, V_3, V_4 — швидкості транспортних засобів 2, 3 та 4; L_1, L_3 — габаритна довжина транспортних засобів 1 та 3; a_3 — відстань від центра тяжкості до краю переднього бампера транспортного засобу 3; b_1 — відстань від центра тяжкості до краю заднього бампера транспортного засобу 1; S_1 — відстань, яку проїжджає транспортний засіб при втраті керованості з положення на вісі лівої смуги руху до зіткнення на правій смузі руху за час реакції водія та час спрацьовування рульового керування: $t = t_p + t_{pk}$; S_3 — відстань, яку проїжджає транспортний засіб 3 правою смугою руху за час: $t = t_p + t_{pk}$; S'_{1-3}, S''_{1-3} — мінімальна та максимальна відстані між транспортними засобами 1 та 3, які виникають у момент втрати керованості транспортного засобу 1, при яких можливе ДТП; l'_{1-2}, l''_{1-2} — мінімальна та максимальна відстані між транспортними засобами 1 та 2, які виникають у момент втрати керованості транспортного засобу 1, під час руху обох транспортних засобів у транспортному потоці лівої смуги руху; S'_{4-1}, S''_{4-1} — мінімальна та максимальна відстані між транспортними засобами 1 та 4, які виникають у момент втрати керованості транспортного засобу 1; B, B_y, B_n — відповідно: ширина смуги руху, ширина смуги безпеки, відстань від краю смуги безпеки до межі наявності нерухомих перешкод.

Відстань між транспортними засобами 4 та 3 l_{4-3} у транспортному потоці правої смуги руху пропонується розраховувати наступним чином:

$$l_{4-3} = L_1 + L_3 + t_{p_1} \cdot (V_{m_1} + (V_4 - V_3)) + t_{pk_1} \cdot (V_{m_1} - V_3). \quad (2)$$

Відстані l'_{1-2} та l_{3-4} уособлюють інтервали руху між транспортними засобами транспортних потоків за смугами руху під час виникнення ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу, що рухається лівою смугою. Для забезпечення розробки моделі співвідношення характеристик транспортних потоків відповідних смуг руху, при яких найбільш імовірним стає ДТП, що досліджується у роботі, необхідно інтервали між транспортними засобами усереднити до рівня усереднених інтервалів між транспортними засобами у транспортних потоках відповідних смуг руху.

Відповідно до залежностей (1) та (2) записуємо наступні співвідношення:

$$\begin{aligned} \bar{l}_{nl} &= \bar{L}_n + \bar{L}_l + \frac{1}{2 \cdot j} \cdot \left((V_m^{poz})^2 - V_{nl}^2 \right) + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_m^{poz}}, \\ \bar{l}_{nn} &= \bar{L}_n + \bar{L}_l + V_m^{poz} \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk}) + \bar{t}_p \cdot \sigma_{V_{nn}} - \bar{t}_{pk} \cdot V_{nn}, \end{aligned} \quad (3)$$

де \bar{l}_{nl} — усереднений мінімальний інтервал руху у транспортному потоці лівої смуги руху ділянки автомагістралі, при якому може виникнути ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу на лівій смузі руху, m ;

\bar{L}_n — усереднена габаритна довжина транспортних засобів у транспортному потоці правої смуги руху ділянки автомагістралі, m ;

\bar{L}_l — усереднена габаритна довжина транспортних засобів у транспортному потоці лівої смуги руху ділянки автомагістралі, m ;

V_m^{poz} — розрахункова швидкість руху транспортних засобів лівою смугою руху, при якій виникає втрата водієм керованості транспортного засобу, м/с;

V_{nl} — швидкість транспортного потоку на лівій смузі руху ділянки автомагістралі, м/с;

V_{nn} — швидкість транспортного потоку на правій смузі руху ділянки автомагістралі, м/с;

\bar{t}_p — усереднений час реакції водія в умовах руху автомагістраллю;

\bar{t}_{pk} — усереднений час запізнювання рульового керування транспортних засобів;

\bar{l}_{nn} — усереднений мінімальний інтервал руху у транспортному потоці правої смуги руху ділянки автомагістралі, при якому може виникнути ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу на лівій смузі руху, м;

$\sigma_{V_{nn}}$ — середнє квадратичне відхилення швидкості руху транспортних засобів у транспортному потоці правої смуги руху, м/с.

Значення усереднених інтервалів руху між транспортними засобами у транспортних потоках на відповідних смугах руху (3) дозволяють визначити максимальні значення щільностей транспортних потоків лівої та правої смуг руху, які визначають можливість виникнення ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу **на лівій смузі руху** за час, який складає час реакції водія та час спрацьовування рульового керування:

$$q_{nn} = \left[\bar{L}_n + \bar{L}_l + V_m^{poz} \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk}) + \bar{t}_p \cdot \sigma_{V_{nn}} - \bar{t}_{pk} \cdot V_{nn} \right]^{-1}, \quad (4)$$

$$q_{nl} = \left[\bar{L}_n + \bar{L}_l + \frac{1}{2 \cdot j} \cdot \left[\left(V_m^{poz} \right)^2 - V_{nl}^2 \right] + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_m^{poz}} \right]^{-1}, \quad (5)$$

де q_{nn} — максимальна щільність руху транспортного потоку на правій смузі, при якій може виникнути ДТП, що розглядається, авт/м;

q_{nl} — максимальна щільність руху транспортного потоку на лівій смузі, при якій може виникнути ДТП, що розглядається, авт/м.

Для умов виникнення втрати керованості **на правій смузі руху**, (рис. 2), усереднене значення інтервалу руху між транспортними засобами цього потоку розраховуємо за аналогією інтервалу для лівої смуги руху:

$$\bar{l}'_{nn} = \bar{L}_n + \frac{1}{2 \cdot j} \cdot \left[\left(V_m^{poz} \right)^2 - V_{nn}^2 \right] + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_m^{poz}}. \quad (6)$$

Таким чином, максимальна щільність транспортного потоку правої смуги руху, при якій може виникнути втрата водієм керованості транспортного засобу, що рухається на правій смузі, буде дорівнювати:

$$q'_{nn} = \left[\bar{L}_n + \frac{1}{2 \cdot j} \cdot \left[\left(V_m^{poz} \right)^2 - V_{nn}^2 \right] + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_m^{poz}} \right]^{-1}, \quad (7)$$

де q'_{nn} — максимальна щільність руху транспортного потоку на правій смузі, при якій може виникнути ДТП, що розглядається, авт/м.

Таким чином, визначальною характеристикою можливості виникнення ДТП досліджуваних видів є співвідношення щільностей руху за відповідними смугами, на основі чого сформульовано критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей:

$$\delta = \frac{q_{nl}}{q_{nn}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{q_{nl}}{q_{nl}^m} + \frac{q_{nn} + q'_{nn}}{q_{nn}^m} \right], \quad \delta_{nl} = \frac{q_{nl}}{q_{nn}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{q_{nl}}{q_{nl}^m} + \frac{q_{nn}}{q_{nn}^m} \right], \quad \delta_{nn} = \frac{q'_{nn}}{q_{nn}^m}, \quad (8)$$

де δ — критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей;

δ_{nl} — критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей з попередження виникнення ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу на лівій смузі;

δ_{nn} — критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей з попередження виникнення ДТП через втрату водієм керованості транспортного засобу на правій смузі;

q_{nl}^m — максимальне значення щільності руху по лівій смузі руху ділянки автомагістралі, авт./м;

q_{nn}^m — максимальне значення щільності руху по правій смузі руху ділянки автомагістралі, авт./м.

Таким чином, значення критерію (8) записуємо у наступному виді (9).

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta = \frac{q_{nl}}{q_{nn}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{q_{nl}}{q_{nl}^m} + \frac{q_{nn} + q'_{nn}}{q_{nn}^m} \right], \\ q_{nn} = \left[\bar{L}_n + \bar{L}_l + V_m^{poz} \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk}) + \bar{t}_p \cdot \sigma_{V_{nn}} - \bar{t}_{pk} \cdot V_{nn} \right]^{-1}, \\ q_{nl} = \left[\bar{L}_n + \bar{L}_l + \frac{1}{2 \cdot j} \cdot \left[(V_m^{poz})^2 - V_{nl}^2 \right] + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_m^{poz}} \right]^{-1}, \\ q'_{nn} = \left[\bar{L}_n + \frac{1}{2 \cdot j} \cdot \left[(V_m^{poz})^2 - V_{nn}^2 \right] + 6,5 \cdot e^{0,09 \cdot V_m^{poz}} \right]^{-1}, \\ A \cdot (V_m^{poz})^3 + B \cdot (V_m^{poz})^2 + C \cdot (V_m^{poz}) + D = 0, \\ A = -g \cdot m_a^2 \cdot \frac{1}{L} \cdot i_y \cdot a, \\ B = \frac{B_a + B}{2 \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk})} \cdot m_a \cdot \frac{1}{L} (b \cdot k_{y2} - a \cdot k_{y1}), \\ C = -g \cdot m_a \cdot \frac{1}{L} \cdot i_y \cdot (2 \cdot k_{y1} \cdot a^2 + k_{y2} \cdot b^2 + k_{y2} \cdot b \cdot a), \\ D = \frac{B_a + B}{2 \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk})} \cdot L \cdot k_{y1} \cdot k_{y2}, \\ A' \cdot (V_m^{poz})^3 + B' \cdot (V_m^{poz})^2 + C' \cdot (V_m^{poz}) + D' = 0, \\ A' = g \cdot m_a^2 \cdot \frac{1}{L} \cdot i_y \cdot a, \\ B' = - \left[\frac{B - B_a}{2 \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk})} + \frac{B_y + B_n}{\bar{t}_p + \bar{t}_{pk}} \right] \cdot m_a \cdot \frac{1}{L} (b \cdot k_{y2} - a \cdot k_{y1}), \\ C' = g \cdot m_a \cdot \frac{1}{L} \cdot i_y \cdot (2 \cdot k_{y1} \cdot a^2 + k_{y2} \cdot b^2 + k_{y2} \cdot b \cdot a), \\ D' = - \left[\frac{B - B_a}{2 \cdot (\bar{t}_p + \bar{t}_{pk})} + \frac{B_y + B_n}{\bar{t}_p + \bar{t}_{pk}} \right] \cdot L \cdot k_{y1} \cdot k_{y2}, \end{array} \right. \quad (9)$$

де V_m^{poz} , V_m^{poz} — розрахункова швидкість руху для умов втрати водієм керованості транспортного засобу на лівій та правій смугах руху;

g — прискорення вільного падіння, м/с²;

m_a — маса транспортного засобу, кг;

a, b — відстані від центру мас транспортного засобу, відповідно, до передньої та задньої осей, м;

L — база транспортного засобу, м;

k_{y1}, k_{y2} — коефіцієнти опору відведення переднього та заднього мостів транспортного засобу, $H/рад.$;

i_y — поперечний похил дорожнього покриття на горизонтальній ділянці автомагістралі;

B_a — габаритна ширина транспортного засобу, що втратив керуваність.

Система рівнянь (9) уособлює модель критерію оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей із запобігання ДТП через втрату водієм керуваності транспортного засобу в умовах змінного коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття.

Надалі була проведена експериментальна перевірка адекватності розробленого критерію оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей з попередження виникнення ДТП через втрату водієм керуваності транспортного засобу на реальній ділянці автомагістралі.

Об'єктом експериментального дослідження було обрано наступну ділянку автомагістралі: дорога загального користування державного значення — міжнародна (автомагістраль) Київ — Луганськ — Ізварине (на Волгоград через Знам'янку, Дніпропетровськ, Донецьк); індекс та номер дороги М-04; протяжність 847,7 км; міжнародний код дороги Е-50; ділянка дороги, що використана в експерименті, приймається в межах з 741 км до 772 км.

Зчепні якості проїзної частини на цій ділянці дороги загального користування у прямому та зворотному напрямках характеризуються коефіцієнтом зчеплення і складають від 0,29 до 0,45 (відповідно до матеріалів звіту УКРДПРОДОР з проекту плану ремонтно-відновлювальних робіт на основі результатів їх обстеження та розрахунків у системі управління станом покриттів на ділянках доріг у Донецькій області за рік). На цій ділянці дороги за останні сім років відбулося 374 ДТП видів 1, 2, 3 та 4, про що свідчить статистика ДТП за даними Управління ДАІ ГУМВС України в Донецькій області. Результати виміру швидкостей руху транспортних потоків на ділянці дороги такі: швидкість руху легкових автомобілів лівою смугою руху — від 55 км/год до 88 км/год, на правій — від 50 км/год до 84 км/год; вантажних автомобілів лівою смугою руху — від 45 км/год до 87 км/год, на правій — від 45 км/год до 78 км/год

Отримані дані (рис. 3 та рис. 4) були перевірені на наявність кореляційного зв'язку. Обсяг вибірки складає 31 пару даних, розрахунковий коефіцієнт лінійної кореляції складає, відповідно, 0,805 та 0,826, при необхідному для довірчого інтервалу 0,99 коефіцієнті кореляції 0,537 [4].

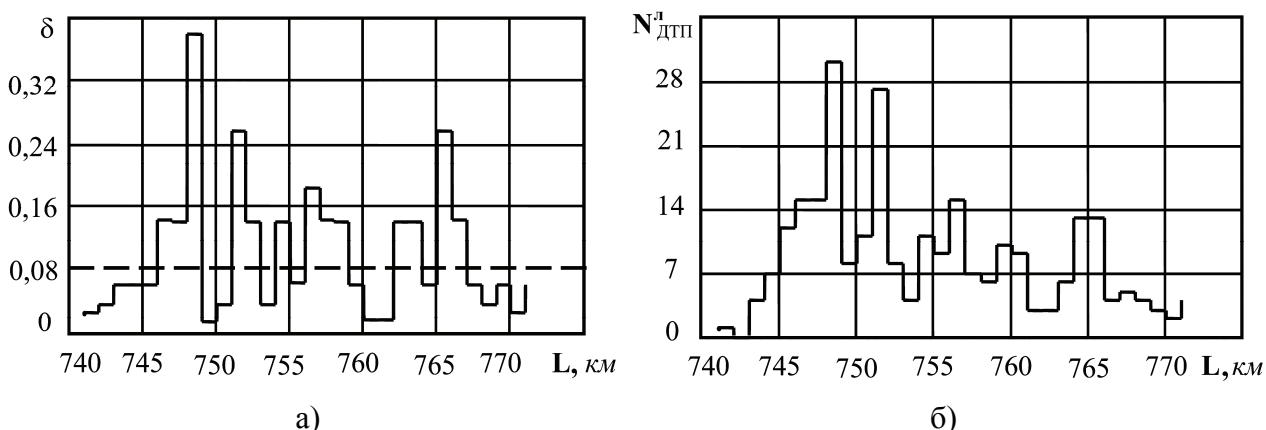


Рис. 3. Графіки:

а) розрахункові значення запропонованого критерію безпеки руху δ на ділянці дороги загального користування державного значення Київ – Луганськ – Ізварине М-04, км 741 — км 772, для умов втрати водієм керуваності транспортного засобу ГАЗ-24;

б) кількість ДТП видів 1, 2, 3, 4 з легковими автомобілями на вказаній ділянці дороги за сім останніх років

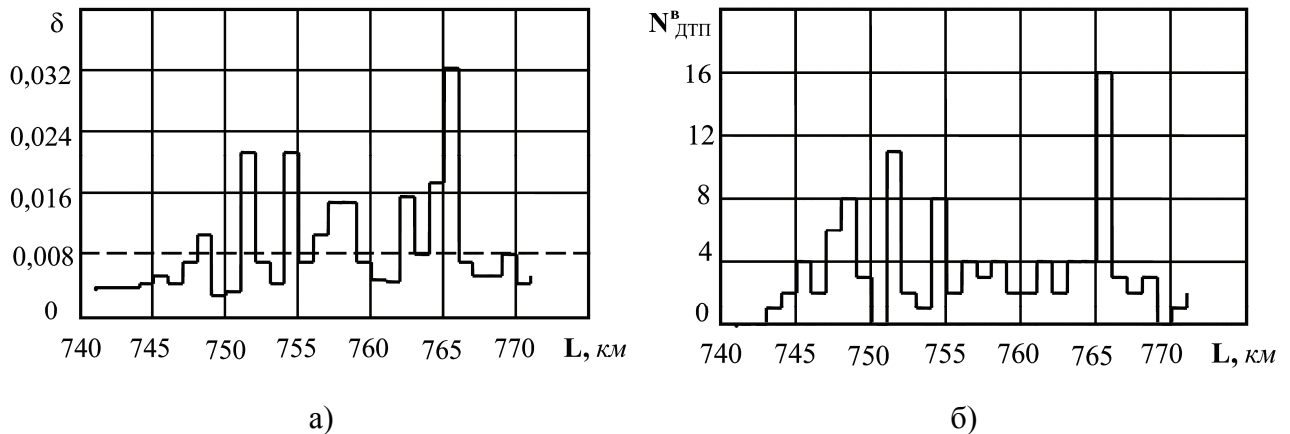


Рис. 4. Графіки:

- а) розрахункові значення запропонованого критерію безпеки руху δ на ділянці дороги загального користування державного значення Київ – Луганськ – Ізварине М-04, км 741 — км 772, для умов втрати водієм керуваності транспортного засобу ЗІЛ-130;
- б) кількість ДТП видів 1, 2, 3, 4 з вантажними автомобілями на вказаній ділянці дороги за сім останніх років

Таким чином, розроблений критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей з попередження виникнення ДТП через втрату водієм керуваності транспортного засобу є адекватним. Розраховані порогові значення для ГАЗ-24 $\delta = 0,08$ та $\delta = 0,008$ для ЗІЛ-130, під час перевищення яких потрібно проводити заходи з підвищення безпеки дорожнього руху.

Висновок

У результаті проведеної роботи було формалізовано процес скоєння ДТП з причин раптової втрати водієм керуваності транспортного засобу в умовах руху транспортних потоків автомагістраллю та розроблено і експериментально підтверджено критерій оцінки безпеки руху на ділянках автомагістралей з умов запобігання ДТП через втрату водієм керуваності транспортного засобу та знайдені його граничні значення для легкових та вантажних автомобілів.

Список літератури

1. Редзюк А.М. Проблема безпеки дорожнього руху в Україні та заходи щодо суттєвого зменшення загиблих і постраждалих у ДТП / А.М. Редзюк // Автошляховик України. — 2005. — №5. — С. 6-10
2. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов. — М.: Транспорт, 1977. — 303 с.
3. Шевяков А.П. Проектирование автомобильных магистралей с учетом требований безопасности движения / А.П. Шевяков // Итоги науки и техники. — Т 6. — М.: ВИНТИ. — 1984. — 103 с.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.

Рецензент: к.т.н., доц., О.М. Дудніков, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»

Стаття надійшла до редакції 14.10.10

© Дуднікова Н.М., 2010