

Все перелічене вище накладає серйозні вимоги на службу безпеки підприємств перевізників. Перевізники мають проводити обстеження маршрутів і складати їх паспорти, але не завжди сумлінно виконують свої зобов'язання.

Нормативні вимоги до складання паспорту маршруту вимагають наявності в ньому: перехресть, зупинок, наявних дорожніх знаків і технічного устаткування на маршруті слідування. Це те, що водій і так бачить на маршруті. Але що водій не може сам побачити і оцінити, так це рівень небезпеки окремих ділянок. Отже як недолік існуючих паспортів маршрутів можна зазначити відсутність інформації про рівень небезпеки окремих ділянок. І оцінювання рівня небезпеки окремих ділянок є предметом подальших досліджень.

### **Література**

1. Статистика ДТП в Україні. Управління безпеки руху Департаменту ДАІ МВС України. <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/>

2. Аналіз стану безпеки руху, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2017 рік. [http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka\\_DTP/2018/analiz\\_avariynosti\\_2017.pdf](http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2018/analiz_avariynosti_2017.pdf)

3. Аналіз стану безпеки руху та аварійності на автомобільному, міському електричному та залізничному транспорті в Україні за 2018 рік. [http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka\\_DTP/2019/Analiz\\_avariynosti\\_2018.pdf](http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2019/Analiz_avariynosti_2018.pdf)

Поваляєв Сергій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, доцент Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, E-mail: [povalyaevsi@ukr.net](mailto:povalyaevsi@ukr.net).

Сараєв Олексій Вікторович, доктор технічних наук, доцент, декан автомобільного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, E-mail: [sarayev9@gmail.com](mailto:sarayev9@gmail.com).

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕКИДАННЯ АВТОМОБІЛЯ**

В роботі досліджувався випадок перекидання транспортного засобу внаслідок бічного наїзду на перешкоду, наприклад, бордюр або колію (рис.1).

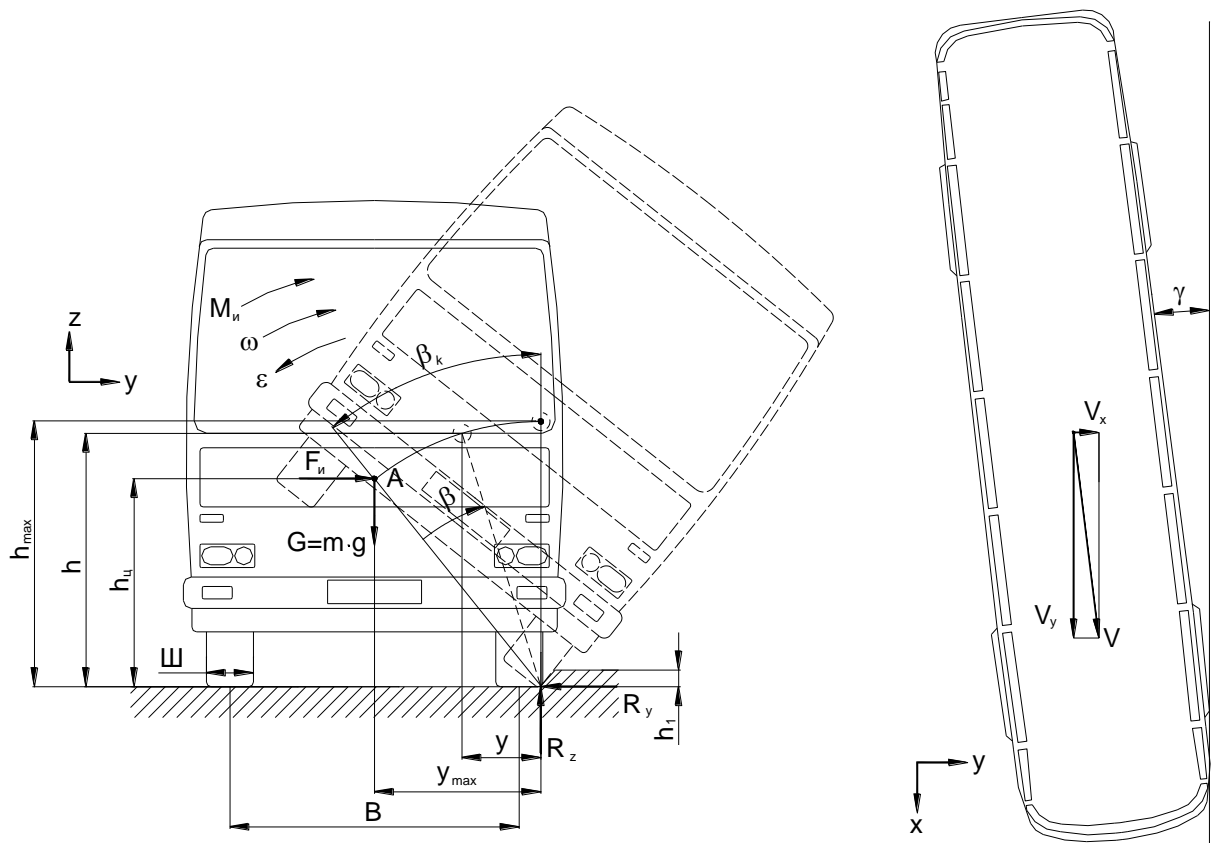


Рис. 1 – Схема зовнішніх сил і моментів, що діють на ТЗ при перекиданні після наїзду на нерухому перешкоду

На рис. 1:  $\gamma$  - кут наїзду на нерухому бічну перешкоду;  $F_{и}$  – бічна сила інерції, що виникає при наїзді колеса на нерухому бічну перешкоду;  $M_{и}$  – момент сил інерції при перекиданні ТЗ;  $G$  – сила тяжіння ТЗ;  $m$  – маса ТЗ, кг;  $R_y, R_z$  – відповідно поперечна й вертикальна реакції в плямі контакту колеса з опорною поверхнею (точці перекидання);  $\omega$  и  $\epsilon$  - кутова швидкість і прискорення (уповільнення) центра мас ТЗ при перекиданні;  $h$  - висота центра мас ТЗ при перекиданні, що змінюється від значення  $h_{ц}$  до  $h_{max}$ ;  $h_1$  – висота перешкоди;  $B$  – колія ТЗ;  $\text{Ш}$  – ширина профілю шини колеса;  $\beta$ - кут повороту ТЗ при перекиданні, що змінюється від 0 до значення  $\beta_k$ , яке можна визначити за формулою

$$\beta_k = 90^\circ - \arctg\left(\frac{2 \cdot h_1}{B + \text{Ш}}\right). \quad (1)$$

Загальним недоліком відомих експертних методів реконструкції ДТП є відсутність готових математичних моделей, що описують механізм перекидання ТЗ [1,2]. Якщо перекидання ТЗ відбулося в режимі його гальмування, то завдання по моделюванню механізму ДТП різко ускладнюються, оскільки необхідно враховувати ряд додаткових факторів, що впливають на оцінку параметрів руху ТЗ та визначити початкову швидкість перед гальмуванням [3-5]

У процесі перекидання на ТЗ діють момент сил інерції, що виникає в результаті вповільнення ТЗ і момент  $m \cdot g \cdot y$ , що створюється силою тяжіння

навколо точки перекидання. Причому плече сили тяжіння змінюється від значення  $y_{max}$  до 0 при досягненні центром мас ТЗ крайнього верхнього положення.

Мінімальну швидкість ТЗ, при якій відбудеться його перекидання можна знайти на підставі закону збереження енергії. Відповідно до закону збереження енергії повна енергія ТЗ до перекидання дорівнює повної енергії ТЗ у момент перекидання

$$\frac{m \cdot (V \cos \gamma)^2}{2} + \frac{m \cdot (V \sin \gamma)^2}{2} + m \cdot g \cdot h_u = \frac{m \cdot (V \cos \gamma)^2}{2} + m \cdot g \cdot h_{max} + E_{def.1} + E_{def.2}, \quad (2)$$

де  $V$  – лінійна швидкість руху ТЗ перед перекиданням, м/с;

$E_{def.1}$  - енергія, поглинена пружною деформацією кузова (рама) ТЗ, Дж;

$E_{def.2}$  - енергія, поглинена пружною деформацією шин ТЗ, Дж.

Максимальна висота підйому центра мас ТЗ

$$h_{max} = \sqrt{\left(\frac{B + III}{2}\right)^2 + (h_u)^2}. \quad (3)$$

У першому наближенні енергією, що витрачається на пружну деформацію елементів ТЗ, можна знехтувати. Тоді, із вираження (2) визначається швидкість ТЗ (критична швидкість) при якій може відбутися перекидання при ударі колеса об нерухому бічну перешкоду

$$V_{кр} = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot (h_{max} - h_u)}}{\sin \gamma} \quad (4)$$

Відповідно до вираження (4) критична швидкість, при якій настає перекидання ТЗ після удару об бічну нерухливу перешкоду, буде тим нижче, чим менше колія й ширина колеса ТЗ, і більше кут між поступальним рухом ТЗ і бічною нерухомою перешкодою.

Реальна швидкість руху ТЗ перед перекиданням може значно перевищувати ту критичну швидкість (4), необхідну для перекидання.

### Висновки.

Розроблено математичну модель, яка дозволяє визначити умови перекидання транспортних засобів та дослідити основні параметри руху транспортних засобів в процесі перекидання від моменту початку підйому центра мас транспортного засобу до моменту його максимального підйому. Співставлення результатів розрахунку критичної швидкості транспортних засобів з результатами, що отримані на основі закону збереження енергії, показало, що результати повністю узгоджуються. Чисельні результати, що отримані при використанні математичної моделі для конкретного транспортного засобу, повністю відповідають фізиці процесу перекидання транспортних засобів.

## Література

1. Sudebnaja avtotekhnicheskaja ekspertiza [Judicial autotechnical examination]: v 2 ch. / pod red. nauchn. rukov. V.A. Ilarionova. – Ch. 2. – M. : Ministerstvo justicii SSSR, 1980. – 490 s. (in Russian)
2. Rassledovanie i jekspertiza dorozhno-transportnyh proisshestvij [Investigation and examination of road traffic accidents]: monografija / S. A. Evtjukov, Ja. V. Vasil'ev. - Sankt-Peterburg : Izdatel'stvo DNK, 2004. - 280 s. (in Russian)
3. Saraiev, O. and Gorb, Y., "A Mathematical Model of the Braking Dynamics of a Car," SAE Technical Paper 2018-01-1893, 2018.
4. Danez S., Saraiev O. Mathematical modeling of speed change of vehicles at emergency braking. Technology audit and production reserves. – 2018. – №3/1(41) – P. 22–28.
5. Saraev, A. V. Metody issledovanija dorozhno-transportnyh proisshestvij s ispol'zovanijem sovremennyh avtomatizirovannyh sredstv [Methods of research of road traffic accidents with the use of the modern automated tools] / A. V. Saraev, S. V. Danec // Nauka i tehnika. 2019. T. 18, № 3. S. 256–264. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-26> (in Russian)

Скирковский Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, Белорусский государственный университет транспорта, [sergej-ski3359@yandex.by](mailto:sergej-ski3359@yandex.by)  
Невзорова Алла Брониславовна, д.т.н., профессор, Белорусский государственный университет транспорта, [anevzorova@bsut.by](mailto:anevzorova@bsut.by)

### **АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ НА ПЕРВИЧНЫХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ СЕТИ ГОРОДА**

В связи с интенсивной автомобилизацией нашего общества необходимо проводить реконструкцию улично-дорожной сети для предотвращения возникновения «пробок» и снижения экологической нагрузки от выхлопных газов при остановках автомобилей на перекрестках. В последнее время загруженные перекрестки на городских дорогах перестраивают в кольцевые пересечения. С одной стороны, они позволяют увеличить пропускную способность, с другой стороны, недостаточно прорабатывается организация движения на них, и как следствие увеличивается аварийность.

Организации, которые выполняют проекты по реконструкции городской улично-дорожной сети, для ускорения процесса используют обширную базу типовых решений. Однако в реальности, после реконструкции таких дорог и появления на них кольцевых пересечений, в 80 % случаев вскрываются неучтенные факторы, связанные со спецификой организации безопасности дороги с позиции восприятия её всеми категориями участников дорожного движения и выявления дефектов, которые могут стать причиной ошибок пользователей и привести к дорожно-транспортным происшествиям [1].