

УДК 629.33.017

Віктор ЧМИР,
кандидат технічних наук, доцент,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПІДРОЗДІЛІВ КОРДОНУ

Стаття стосується вирішення актуального науково-прикладного завдання щодо підвищення стійкості автомобілів підрозділів кордону як однієї із важливих експлуатаційних властивостей автомобіля, що має суттєве значення для забезпечення безпеки руху. Приведена в узагальнювальному вигляді методика розрахунку показників поперечної стійкості автомобілів підрозділу кордону в конкретних умовах експлуатації. Розроблено практичні рекомендації з дотримання безпечних швидкостей у конкретних дорожніх умовах, що дозволить значною мірою покращити стан безаварійної експлуатації транспортних засобів

Ключові слова: *стійкість, безпека руху, автомобіль, методика, підрозділ кордону, показники.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Автомобілізація та дорожній рух змінили облік планети. Сьогодні з цією тезою ніхто не сперечається, а масштаби шкоди, яку автомобілі завдають навко-

© Чмир В.

лишньому середовищу, повністю дослідити неможливо. Але найсуттєвішою проблемою, пов'язаною з автомобілем, є безпека дорожнього руху. Масштабність та трагізм наслідків дорожньо-транспортних подій (ДТП) спонукає окремих дослідників до думки, що винахід автомобіля є сумною сторінкою в історії людства.

Статистика ДТП дійсно вражає. Протягом 2015 року на дорогах України зареєстровано 134,193 тисячі ДТП, в яких загинули 3 970 і травмовані понад 31 497 осіб. Кожні 16 хвилин в Україні трапляється ДТП. Майже кожні 2 години гине людина. Тож у середньому за добу в ДТП гине 11 і зазнає травм різного ступеня складності понад 86 осіб [1].

Напруженою залишається ситуація і зі скоєнням ДТП персоналом Державної прикордонної служби України (ДПСУ). 2015 року сталася 41 ДТП з участю службового транспорту ДПСУ та ще 57 прикордонників скоїли їх на особистих транспортних засобах. За дев'ять місяців 2016 року 23 ДТП скоєні – на службовому і 47 – на власному транспорті. Офіційна статистика щодо ДТП підтверджує: приблизно дві третини всіх ДТП відбувається з вини водіїв через порушення Правил дорожнього руху (ПДР) – неправильного обгону, прорахунку при виборі швидкості, недотримання дистанції і под. [2].

Аналізом ДТП у підрозділах кордону було встановлено, що більшість цих причин обумовлена втратою стійкості автомобіля і невмінням водіїв запобігти критичній ситуації та їх нездатністю до раціональних дій під час кризової ситуації на дорозі. З урахуванням даного аналізу виникає необхідність розробки методики розрахунку показників поперечної стійкості автомобілів підрозділу кордону в конкретних умовах експлуатації, оскільки стійкість є однією із важливих експлуатаційних властивостей автомобіля, яка має суттєве значення для забезпечення безпеки руху. У цьому і полягає актуальність дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Аналіз наукової літератури з вирішення проблеми покращення стану безпеки дорожнього руху [3; 4], наявних науково-дослідних робіт, монографій і публікацій [5; 6; 7] дозволяє зробити висновок, що дійсно існує

об'єктивна невідповідність між практичними потребами щодо покращення стану безпеки дорожнього руху в підрозділах кордону та можливостями наявної науково-методичної бази у цьому напрямі.

Метою статті є на основі аналізу показників стійкості автомобільної техніки розробити методику розрахунку показників поперечної стійкості автомобілів підрозділу кордону в конкретних умовах експлуатації та розробити систему організаційно-технічних заходів із забезпечення стійкості автомобілів.

Виклад основного матеріалу дослідження. На стійкість автомобіля впливає комплекс конструктивних та експлуатаційних факторів: розташування центру ваги, геометричні розміри автомобіля і їх співвідношення, кут нахилу дороги, швидкість руху, швидкість повороту рульового колеса, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою та деякі інші.

Під втратою стійкості слід розуміти перекидання або ковзання автомобіля. Залежно від напрямку перекидання (ковзання) розрізняють повздовжню та поперечну стійкість. Зі статистики ДТП встановлено, що більш імовірна та небезпечна втрата поперечної стійкості, яка виникає під дією відцентрової сили, поперечного складника сили тяжіння автомобіля, сили бокового вітру, а також у результаті бокових ударів коліс по нерівностях дороги.

Показниками поперечної стійкості є максимально можливі швидкості та кути поперечного уклону дороги (косогору). Обидва показники можуть бути визначені за умови поперечного ковзання коліс (заносу) і перекидання автомобіля.

Отже, для забезпечення стійкості автомобілів для конкретного підрозділу кордону та в конкретних умовах експлуатації необхідно визначити чотири показники поперечної стійкості: v_0 , v_3 – максимальні (критичні) швидкості автомобіля по закрутленню, які відповідають початку його перекидання та ковзання; β_3 , β_0 – максимальний (критичний) кут косогору, який відповідає початку поперечного ковзання коліс та перекиданню автомобіля [3].

При обчисленні показників стійкості використовуються значення кутів повороту керованих коліс. Для визначення тангенса кутів пово-

роту зовнішнього та внутрішнього керованих коліс залежно від радіуса повороту доцільно застосувати формули:

для внутрішнього керованого колеса:

$$\operatorname{ctg}\theta_B = \frac{R - \frac{B}{2}}{L}, \quad (1)$$

для зовнішнього керованого колеса:

$$\operatorname{ctg}\theta_3 = \frac{R + \frac{B}{2}}{L}. \quad (2)$$

Отже, з формул можна встановити, що для розрахунку цих кутів необхідно знати такі величини:

R – радіус повороту;

B – колія передніх коліс;

L – база автомобіля.

Ці величини можна взяти з технічної характеристики автомобілів, які є на укомплектуванні в підрозділі.

Для подальших розрахунків введемо поняття середнього кута повороту зовнішнього та внутрішнього керованих коліс, який буде дорівнювати:

$$\theta_{CP} = \frac{\theta_B + \theta_3}{2}. \quad (3)$$

Для визначення критичної швидкості руху автомобіля за умови перекидання слід використовувати таку формулу:

$$\vartheta_o = \sqrt{\frac{BLg}{2h_u \theta_{CP}}}, \quad (4)$$

де h_u – висота центру тяжіння автомобіля, θ_{CP} – середній кут повороту зовнішнього та внутрішнього керованих коліс.

Можна стверджувати, що критична швидкість за умов перекидання суттєвим чином залежить від кута повороту керованих коліс (отже, і радіуса повороту) і геометричних розмірів автомобіля.

Іншим показником, що характеризує стійкість автомобіля, є критична швидкість за умов ковзання. Ця швидкість визначається за формулою

$$V_3 = \sqrt{\frac{L\varphi_y g}{\theta_{CP}}}, \quad (5)$$

де φ_y – коефіцієнт поперечного зчеплення шин з дорогою.

Для розрахунку цієї швидкості доцільно обирати декілька типів доріг, характерних для підрозділів кордону, а саме: дорога з асфальтним покриттям ($\varphi_y = 0,75$), ґрунтова суха дорога ($\varphi_y = 0,55$), ґрунтова мокра дорога ($\varphi_y = 0,3$) та дорога, вкрита льодом ($\varphi_y = 0,1$).

З аналізу даної формули видно, що критична швидкість за умов ковзання залежить від дорожнього покриття, довжини автомобіля та кута, на який повернуті керовані колеса.

Максимальний кут косогору, який відповідає початку ковзання коліс по дорозі і здебільшого залежить від стану дорожнього покриття, доцільно визначити за формулою

$$\beta_3 = \text{arctg} \varphi_y. \quad (6)$$

Для розрахунків доцільно обирати той самий характерний перелік доріг, що й для визначення критичної швидкості за умов ковзання.

Із аналізу розрахункової формули можна зробити висновок, що критичний кут косогору залежить лише від поперечної складової коефіцієнта зчеплення шин з дорогою.

Ще одним показником, що підлягає визначенню, є критичний кут за умов перекидання автомобіля. Критичний кут косогору за умов перекидання доцільно розрахувати за виразом

$$\beta_0 = \text{arctg} \left(\frac{B}{2h_u} \right). \quad (7)$$

Провівши аналіз цієї формули, можна стверджувати, що критичний кут косогору за умов перекидання автомобіля залежить від його геометричних розмірів.

З аналізу наведеної вище методики розрахунку стійкості автомобіля в конкретних умовах експлуатації можна зробити певні висновки

щодо впливу конструкції автомобіля на його стійкість. Також можливо визначити кілька параметрів, від яких залежить стійкість автомобілів [4], а саме:

висота центру ваги автомобіля;

ширина колії автомобіля;

шини, що застосовано на автомобілі, та їх коефіцієнт зчеплення з дорогою;

довжина автомобіля.

Ретельніше розглянемо вплив кожного з цих параметрів.

Висота центру ваги автомобіля. З формули для визначення критичної швидкості за умов перекидання (4) можна побачити, що збільшення висоти центру ваги автомобіля значно зменшує максимальну можливу безпечну швидкість проходження повороту.

Також висота центру ваги суттєво впливає на максимальне значення косоугру, на якому автомобіль може бути стійким (7), а саме зменшення висоти центру ваги автомобіля дозволяє йому рухатися по більшому косоугру без втрати стійкості.

Отже, можна з упевненістю сказати, що зменшення висоти центру ваги позитивно впливає на показники стійкості автомобіля.

Ширина колії автомобіля. З формули для визначення критичної швидкості за умов перекидання (4) та формули для визначення критичного кута косоугру за умов перекидання (7) можливо побачити, що у разі збільшення ширини колії автомобіля зростає його стійкість та значно меншою стає ймовірність перекидання автомобіля.

Шини, що застосовано на автомобілі, та їх коефіцієнт зчеплення з дорогою. З формул розрахунку критичної швидкості за умов ковзання (5) та розрахунку максимального кута косоугру, який відповідає початку ковзання коліс по дорозі (6), видно, що висота протектора шин, тип дорожнього покриття і як наслідок коефіцієнт зчеплення шин з дорогою мають велике значення для забезпечення стійкості автомобіля в конкретних умовах експлуатації, а саме чим вищий даний коефіцієнт, тим краща стійкість автомобіля.

Довжина автомобіля. З формул для визначення критичної швидкості руху автомобіля за умови перекидання (4) та критичної швидко-

сті за умов ковзання (5) можливо визначити, що у разі збільшення довжини автомобіля спостерігається збільшення стійкості автомобіля.

Висновки. Наведена вище методика дозволяє провести розрахунок v_0 , v_3 – максимальних (критичних) швидкостей автомобілів по закругленню, які відповідають початку його перекидання та ковзання; β_3 , β_0 – максимальних (критичних) кутів косоугру, які відповідають початку поперечного ковзання коліс та перекиданню автомобіля для конкретного підрозділу кордону залежно від технічних характеристик автомобілів даного підрозділу та їх дорожніх умов експлуатації. На основі отриманих результатів доцільно розробити пам'ятки водіям з дотримання безпечних швидкостей у конкретних дорожніх умовах, що дозволить значною мірою покращити стан безаварійної експлуатації транспортних засобів.

Крім того, наведені висновки щодо впливу конструкції автомобіля на його стійкість можуть бути використані для розробки організаційно-технічних рішень з покращення стійкості автомобілів для конкретного підрозділу кордону.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Основним напрямом подальших досліджень за даною тематикою вбачається необхідність розробки комплексу експлуатаційних заходів щодо підвищення стійкості досліджуваних автомобілів з урахуванням специфіки виконання оперативно-службових завдань підрозділами кордону та обґрунтування їх доцільності.

Список використаної літератури

1. <https://auto.ria.com/uk/news/autolaw/224875/strashnye-czifry-statistika-dtp-za-2015-god.html>
2. Прикордонник України. – 2016. – 21 жовтня.
3. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів : навчальний посібник / В. І. Сирота. – 2-ге видання, перероблене та доповнене. – К. : Арістей, 2005. – 280 с.
4. Вікович І. В. Теорія руху транспортних засобів : підручник / І. В. Вікович. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 672 с.

5. Оцінка рівня довговічності за станом автомобільної техніки Прикордонних військ України : звіт про НДР / Науково-дослідний інститут Прикордонних військ України – № 202-0009К. – Хмельницький, 2002.

6. Подригало М. А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов : монография / М. А. Подригало. – Харків : Академія ВВ МВСУ, 2013. – 222 с.

7. Осташевський С. А. Альтернативный подход к оценке поперечной устойчивости автомобиля / С. А. Осташевський, А. Л. Башинский // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – Харків. : Вид-во ХНАДУ, 2015. – № 71. – С. 151–155.

Рецензент - доктор технічних наук, доцент Лисий М. І.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2016

Чмыр В. Методика расчета показателей поперечной устойчивости автомобилей подразделений границы

Статья касается решения актуального научно-прикладного задания относительно повышения устойчивости автомобилей подразделений границы как одного из важных эксплуатационных свойств автомобиля, которое имеет существенное значение для обеспечения безопасности движения. Приведена в обобщающем виде методика расчета показателей поперечной устойчивости автомобилей подразделений границы в конкретных условиях эксплуатации. Разработаны практические рекомендации по соблюдению безопасных скоростей в конкретных дорожных условиях, что позволит в значительной степени улучшить состояние безаварийной эксплуатации транспортных средств.

Ключевые слова: *устойчивость, безопасность движения, автомобиль, методика, подразделение границы, показатели.*

Chmyr V. The technique of calculations of indices of transverse firmness of vehicles of border units

The article deals with solving of the topical scientific and practical problem, which concerns enhancing of firmness of vehicles of border units. Having analyzed traffic accidents in border units, we have come to the

conclusion that the majority of them were caused by loss of vehicle firmness and lack of driving skills to prevent dangerous situation and drivers' inability to act rationally during emergency situation.

Loss of firmness is turn-over of sliding of vehicle. In accordance with direction of turn-over (sliding) of vehicle we distinguish longwise and transverse firmness. Accident statistics shows that more probable or dangerous loss of firmness happens under effect of aligned force, transverse component of vehicle gravitation, cross-wind force, and as a result of angle collision of wheels on road roughness.

On the basis of the analysis there is a necessity of development of techniques of calculation of indices of transverse firmness of vehicles of border units in particular conditions of exploitation as firmness is one of important specifications of any vehicles and has a great significance for road safety. Indices of transverse firmness are the most probable speeds and angles of transverse incline of road. Both indices can be determined in accordance with condition of transverse sliding of wheels (sidewise skidding) and turn-over of vehicle.

The author gives the general view of technique of calculation of indices of transverse firmness of vehicles of border units in the particular conditions of exploitation. This technique allows to calculate the biggest (critical) speeds of vehicles at the point of its turn-over and sliding; the biggest (critical) angles of road incline which correspond with the beginning of transverse sliding of wheels and turn-over of vehicle for certain border unit depending on its technical specifications, maintenance possibilities and road conditions.

The analysis of the technique of calculation of vehicle firmness in certain conditions of exploitation brings to the conclusion concerning of effect of vehicle construction upon its firmness namely height of weight center of vehicle, track width, tyres used on vehicle and their coefficient of road adherence, length of vehicle.

Furthermore, the author developed the practical recommendations on the following safe speed under certain road conditions that will allow to improve state of accident free exploitation of vehicles. The conclusion

concerning of effect of vehicle construction on its firmness can be used for making of organizational and technical decisions in order to improve firmness of vehicles for particular border unit.

Keywords: *firmness, road safety, vehicle, technique, border unit, indices.*