

8. Фучеджі, В. Д. Стрес як психофізіологічний аспект, що впливає на водіїв транспортних засобів [Текст] / В. Д. Фучеджі, О. М. Плетенець // Теорія і практика сучасної психології. – 2018. – № 5. – С. 41–45.
9. Arakawa, Toshiya. Psychophysical assessment of a driver's mental state in autonomous vehicles [Text] / Toshiya Arakawa, Ryosuke Hibi, Taka-aki Fujishiro // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2019. – Vol. 124. – P. 587–610.
10. Burlakova, G. Y. Psychophysiological status of the driver as a stochastic factor of traffic [Text] / G. Y. Burlakova, D. I. Ganzheev // SWorldJournal. – 2022. – Issue 11, Part 2. – P. 7–13.
11. Understanding Drivers' Stress and Interactions With Vehicle Systems Through Naturalistic Data Analysis [Text] / Sebastiano Milardo [et. al] // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2022. – Vol. 23. – P. 14570–14581.

Колісник Микола Прокопович, канд. техн. наук, професор, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, [kolisnyk.mykola@pdaba.edu.ua](mailto:kolisnyk.mykola@pdaba.edu.ua)  
Лиходій Олександр Сергійович, канд. техн. наук, завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, [lykhodii.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:lykhodii.oleksandr@pdaba.edu.ua)  
Червоноштан Андрій Леонідович, інженер, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, [andrew.chervonoshtan@pdaba.edu.ua](mailto:andrew.chervonoshtan@pdaba.edu.ua)  
Копя Сергій Анатолійович, магістрант, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, [22730.kopa@pdaba.edu.ua](mailto:22730.kopa@pdaba.edu.ua)

### **МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ, ЯК ЗРАЗКА ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ, ПРИ РУСІ НА СПУСК ТА МОЖЛИВОМУ ПОВЗДОВЖНЬОМУ ПЕРЕКИДАННІ**

Розглянуто визначення стану стійкості автомобіля, як технічної системи, при русі вниз по уклону дороги, а саме, при гальмуванні та можливому повздовжньому перекиданні при наїзді на перепону із використанням класичних законів механіки на основі динамічних і математичних моделей.

Моделюєми́й об'єкт прийнятий у вигляді жорсткої зосередженої маси на пружних опорах, яка рухається вниз по уклону дороги і на яку діють утримуюча та перекидаюча сили.

Перекидання вперед навколо вісі передніх коліс може відбутись навколо лінії, що проходить через геометричну вісь передніх коліс при різкому гальмуванні, або при потраплянні колесами у канаву, рис. 1.

При цьому виникають сили інерції маси автомобіля та сили тертя передніх коліс об дорогу, які утворюють перекидаючий момент. Реакцією задніх коліс нехтуємо.

Розглядаються два випадки: само гальмування на дорозі при русі вниз по уклону і раптова зупинка при наїзді передніх коліс на упор або в'їзді їх у канаву.

Початкові умови: маса автомобіля  $m_a$ , положення центра мас – Ц.М., відстань Ц.М. від передньої вісі коліс  $R \sin(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{np} - \varphi)$ , швидкість автомобіля  $V_a$ , коефіцієнт тертя коліс автомобіля по дорозі  $\mu$ , гальмівна відстань  $s_z$ ;  $\alpha_\delta$ ,  $\alpha_\kappa$ ,  $\varphi_{np}$ ,  $\varphi$  – кути нахилу дороги, конструктивний, пружного нахилу та текучий.

Приймаємо, що інтенсивність гальмування рівномірна, то величина прискорення постійна  $a_a = const$ .

За даними літературних джерел відомо [1 – 5], що при русі на горизонтальній площині отримані значення гальмівного шляху  $s_z$ , та час гальмування  $t_z$ .

$$s = \frac{V_a^2}{2fg};$$

$$t_z = \frac{V_a}{fg}.$$

Якщо центр мас автомобіля та траєкторія його руху відбувається при ухилі дороги, то відповідно

$$s' = \frac{V_a^2}{2fg \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \alpha_{np})};$$

$$t_z' = \frac{V_a}{fg \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \alpha_{np})}.$$

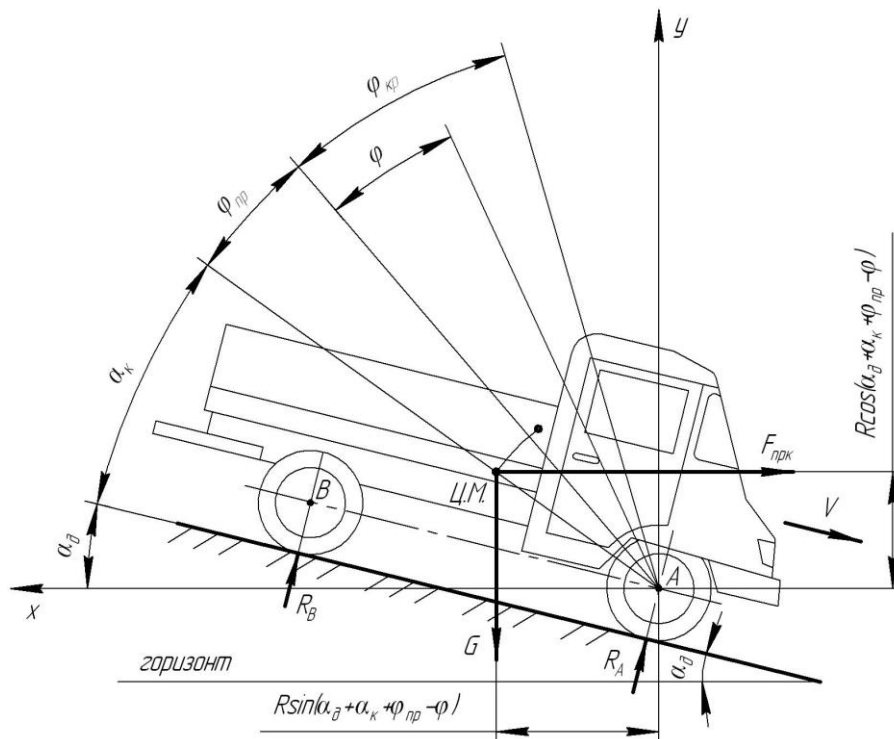


Рис. 1. Динамічна модель автомобіля

Якщо автомобіль зупиняється раптово при наїзді на перешкоду, то він повертається (перекидається) відносно осей передніх коліс повздовжньо, а умова стійкості має вигляд (математична модель)

$$A_{\text{ут.}\varphi_{\text{кр}}} \geq A_{\text{прк.}\varphi},$$

де  $A_{\text{ут.}\varphi_{\text{кр}}}$  – робота сил утримуючих при повороті автомобіля на кут критичний (запас енергії) відносно ребра перекидання (точка  $A$ );

$A_{\text{прк.}\varphi}$  – робота сил перекидаючих при повороті на кут  $\varphi$ .

Робота сил утримуючих

$$A_{\text{ут.}\varphi_{\text{кр}}} = \int_0^{\varphi_{\text{кр}}} G_a \cdot R \cdot \sin(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi_{\text{кр}}) d\varphi = G_a \cdot R [\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi_{\text{кр}}) - \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}})].$$

Робота сил перекидаючих

$$A_{\text{прк.}\varphi} = \int_0^{\varphi_{\text{кр}}} G_a \cdot R \cdot \sin(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi) d\varphi = G_a \cdot R [\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi) - \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}})].$$

Підставивши їх значення, отримали рішення математичної моделі у вигляді нерівності

$$\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi_{\text{кр}}) \geq \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi).$$

Проведемо аналіз рішення математичної моделі, якщо:

1.  $\varphi_{\text{кр}} = \varphi_{\text{пр}}, \varphi = \varphi_{\text{пр}} - \Delta\varphi_1$ , то  
 $\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa) > \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \Delta\varphi_1)$  – система стійка;
2.  $\varphi_{\text{кр}} = \varphi_{\text{пр}}, \varphi = \varphi_{\text{пр}}$ , то  
 $\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa) = \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa)$  – система у стані нестійкої рівноваги;
3.  $\varphi_{\text{кр}} = \varphi_{\text{пр}} + \Delta\varphi_2, \varphi = \varphi_{\text{кр}} - \Delta\varphi_3$ , то  
 $\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa - \Delta\varphi_2) > \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa - \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3)$

система стійка, але є зазор між опорою і основою (т.  $B$ );

4.  $\varphi_{\text{кр}} = \alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}}, \varphi = \alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}}$ , то  
 $\cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi_{\text{пр}}) = \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{\text{пр}} - \varphi_{\text{пр}})$ ;

система знаходиться у стані нестійкої рівноваги (опора  $B$  із зазором, рух автомобіля на межі можливостей).

## Висновки

1. Отримано функції стійкості автомобіля, як технічної системи, при русі на спуск, які характеризують стійкість системи для положень стійкої, нестійкої і нестійкої рівноваги.

2. Математична модель стійкості правомірна, а її рішення зрозумілі і раціональні в залежності від значень складових кутів технічної системи.

## Література

1. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник / В. В. Біліченко, О. Л. Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 163 с.

2. Kolisnyk, M., Berezyk, A., Lykhodii, O., Chevchenko, A., & Chervonoshtan, A. (2023). Physical foundations of vehicle stability when moving

uphill and at longitudinal roll back. *Automobile transport*, 52, 5-13. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2023.52.0>

3. Моделювання стійкості автомобіля, як зразка технічної системи, при русі на підйом та повздовжньому перекиданні // Червоноштан Андрій, Черевко Віталій, Колісник Микола // Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, 27–28 березня 2023 р.: збірник тез під редакцією Миколи Савицького, Владислава Данішевського, Анатолія Радкевича, Олександра Сидорова. Дніпро: ПДАБА, 2023. 806 с. (електронне видання), С. 556-559. ISBN 978-966-323-237-9

4. Теорія руху автомобіля: підручник / В. П. Волков, Г. Б. Вільський. – Суми: Університетська книга, 2015. – 320 с. : іл. 124., бібліогр. 27, табл. 24.

5. Ловейкін В.С., Назаренко І.І., Онищенко О.Г. Теорія технічних систем: Навч. посібник. – Київ – Полтава: ІЗМН – ПДТУ, 1998. – 175 с.

Ярита Олександр Олександрович, к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [aleks.yarita@gmail.com](mailto:aleks.yarita@gmail.com)

Шаповаленко Владислав Олексійович, завідувач навчально-виробничою майстернею, Харківський основний машинобудівний фаховий коледж, [vladislav-shapovalenko@ukr.net](mailto:vladislav-shapovalenko@ukr.net)

## **АНАЛІЗ МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕННЯ БОКОВОГО ЗІТКНЕННЯ ДЛЯ НОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

У більшості країн світу на сьогоднішній день автомобільні аварії є у переліку основних причин смертності серед населення. При цьому, не дивлячись на постійне підвищення рівня безпеки транспортних засобів, фахівці роблять не втішні прогнози щодо подальшого підвищення смертності на дорогах, які ґрунтуються в першу чергу на постійному збільшенні чисельності транспортних засобів.

Процес керування транспортним засобом вимагає від водія повної концентрації уваги та врахування великої кількості факторів, а також миттєвої реакції на зміну дорожньої ситуації. І все ж, далеко не завжди правильна робота водія гарантує безпеку дорожнього руху. Враховуючи постійне зростання кількості учасників дорожнього руху та підвищення швидкості руху, система «людина – автомобіль – середовище», яка враховує взаємодії технічних засобів, фізіологічних, психологічних та інтелектуальних якостей людини, постійно ускладнюється. Тому для підвищення безпеки водія та пасажирів, враховуючи досить високу вірогідність виникнення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), потрібно досліджувати та покращувати пасивну і активну безпеку транспортних засобів.

Починаючи з 1994 року у країнах Європи почала діяти програма оцінки нових автомобілів (NCAP), яка невдовзі отримала всеосяжний характер на основі процедур випробувань розроблених раніше Європейським комітетом експериментальних транспортних засобів.