

**ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՃԱՆԱՊԱՐՀՆԵՐԻՆ ԱՎՏՈԳՆԱՑՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐԱՅՆՈՒԹՅԱՆ
ՌԻՍԿԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ**

**Վալերիկ Մամիկոնի Հարությունյան^{1*}, Կարո Հակոբի Մոսիկյան¹,
Սամվել Արամի Ներսիսյան², Աննա Հայրապետի Հայրապետյան¹**

¹Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

²Հայաստանի Հանրապետության ներքին գործերի նախարարություն, ք. Երևան, ՀՀ

*vmh-1961@mail.ru

Կատարված հետազոտությունների հիման վրա մշակվել և հիմնավորվել են ավտոճանապարհների լեռնային կորագիծ տեղամասերում ավտոգնացքի վթարայնության ռիսկերի գնահատման ցուցանիշները, որոնք որոշվում են շարժման փաստացի և կայունության կորստի կրիտիկական արագությունների հարաբերությամբ: Ուսումնասիրվել են կայունության կորստի սահմանային իրավիճակներն ըստ ավտոգնացքի կողասահքի, շրջման և կուրսային կայունության պայմանների: Ստացված ինտեգրալ դինամիկական ցուցանիշներով լեռնային պայմաններում ավտոգնացքի վթարայնության ռիսկերը գնահատելու և կառավարելու նպատակով առաջարկվել է մտցնել կայունության ռիսկերի պահուստային արժեք, որով հնարավոր է հաշվարկել վթարների առաջացման ռիսկերը:

***Բանալի բառեր.** ավտոգնացք, վթարայնություն, շարժման կայունություն, ռիսկի գործակից, կրիտիկական արագություն*

Ներածություն

Ավտոգնացքների երթևեկությունը լեռնային ճանապարհների կորագիծ տեղամասերում կա և մնում է բարդ խնդիրներից մեկն անվտանգության ապահովման առումով: Ավտոգնացքի զանգվածի մեծացումը, ծանրության կենտրոնի դիրքի փոփոխությունը, քարշակի և կիսակցորդի երկօղակ ագրեգատավորումը հատկապես սպառնում են այնպիսի ճանապարհատրանսպորտային պատահարների (ՃՏՊ) առաջացմանը, ինչպիսիք են կողասահքը, շրջումը, կուրսային կայունության կորուստը, ծալումը (մկրատի էֆեկտ) և այլն:

Անվտանգության վերաբերյալ գնահատման գոյություն ունեցող մեթոդները, որպես կարգ, հիմնված են կամ վթարայնության վիճակագրական տվյալների, կամ կցման գործակցի սահմանային արժեքների, կամ տրանսպորտային միջոցների կայունության երկրաչափական տվյալների վրա: Սակայն տվյալ եղանակները չեն ապահովում ուղղակի կապ տրանսպորտային միջոցի բնութագրերի, ճանապարհի երկրաչափական ցուցանիշների և շարժման փաստացի ռեժիմների միջև, ինչը շատ կարևոր է հատկապես լեռնային բարդ ճանապարհային պայմանների համար,

որտեղ առկա են փոփոխվող ռելիեֆ, փոքր հորիզոնական շառավղով շրջադարձեր և ոչ կայուն երթևեկության ռեժիմ:

Այդ առումով առավել հրատապ և կարևոր է մշակել դինամիկական հիմնավորված, համակողմանի և նորմավորման համար պիտանի ցուցանիշ, որը հնարավորություն կտա տալ վթարայնության ռիսկերի քանակական գնահատական ճանապարհի ստույգ տեղամասի համար, հաշվի առնելով տրանսպորտային - շահագործական ցուցանիշները:

Ուսումնասիրության նպատակն է մշակել և հիմնավորել ավտոգնացքի վթարայնության ռիսկերի գնահատման ցուցանիշ, որը հիմնված է շարժման փաստացի արագության և կայունության կորստի կրիտիկական արագության հարաբերակցության վրա և ցույց տալ դրա կիրառման առավելությունները լեռնային ճանապարհների համար:

Նյութեր և մեթոդներ

Տրանսպորտային միջոցների երթևեկության կայունության և անվտանգության գնահատման նպատակով համաշխարհային պրակտիկայում հիմնականում օգտագործում են հետևյալ մոտեցումները.

- կողային սահմանային արագացումների հաշվարկ և կցման գործակից [1, 2],
- կայունության երկրաչափական ցուցանիշ, կողաշրջման շեմ [3-5],
- վթարայնության վիճակագրական մոդել, որը հիմնված է վթարների հաճախականության և ճանապարհի պարամետրերի ռեգրեսիոն վերլուծության վրա [3, 4, 6],
- երթևեկության կրիտիկական արագության հաշվարկ՝ շրջվելու կամ կողասահքի պայմանով [7-10]:

Չնայած դրանց գործնական արժեքին, նշված մեթոդները չեն ձևավորում չափողականություն չունեցող չափանիշ, որը կապ է ստեղծում անմիջականորեն երթևեկության փաստացի ռեժիմի և ավտոգնացքի կայունության ֆիզիկական սահմանի միջև: Բացի այդ, նշված մեթոդները [1-4] նվիրված են մեկ, առանց օղակների ավտոմոբիլների հետազոտմանը, առանց հաշվի առնելու բազմօղակ շարժակազմի (ավտոգնացք) հետազոտումը լեռնային բարդ ճանապարհներին:

Այսպիսով, չկա վթարայնության գնահատման այնպիսի ինտեգրալ դինամիկական ցուցանիշ, որը կարող է օգտագործվել որպես ռիսկի գնահատման նորմատիվ՝ լեռնային ճանապարհներին ավտոգնացքների երթևեկության անվտանգության գնահատման նպատակով:

Արդյունքներ և քննարկում

Դիտարկալով ավտոգնացքի երթևեկությունը կորագիծ շարժման ժամանակ, երբ ծագում են կենտրոնախույս ուժեր: Կայունության կորուստն առաջանում է այն դեպքում, երբ ի հայտ են գալիս ստորև նշված սահմանային իրավիճակները.

- դողի և ճանապարհի կցման ուժերը հասնում են սահմանային արժեքի, տեղի է ունենում կողասահք [3],

- տեղի է ունենում շրջող մոմենտի կրիտիկական արժեքի առաջացում,
- առաջանում է կուրսային անկայունություն և ավտոգնացքը ծավլում է (մկրատի էֆեկտ) [4, 6, 9, 11] :

Նշված յուրաքանչյուր երեք իրավիճակներին համապատասխանում է իր կրիտիկական արագությունը՝ V_{lp} [12]: Հաշվի առնելով դա, առաջարկվում է օգտագործել չափողականություն չունեցող ինտեգրալ ցուցանիշ՝ K .

$$K = V_{in}/V_{lp} , \quad (1)$$

որտեղ V_{in} -ն ավտոգնացքի տեխնիկական արագությունն է ճանապարհի տվյալ տեղամասում, V_{lp} -ը՝ կայունության կորստի նվազագույն կրիտիկական արագությունը:

Տվյալ ցուցանիշը բնութագրում է շարժման ռեժիմի մոտեցումը կայունության սահմանին և նկարագրում վթարայնության դինամիկական ռիսկը:

1. Ըստ կողասահքի պայմանի V_{lp} -ը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [6].

$$V_{lp}^u = \sqrt{\varphi g R} , \quad (2)$$

որտեղ φ -ն կցման գործակիցն է, g -ն՝ ազատ անկման արագացումը, R -ը՝ շրջադարձի շառավիղը:

2. Ըստ շրջման պայմանի V_{lp} -ը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [6].

$$V_{lp}^{2p\varphi} = \sqrt{\frac{g R b_{lp}}{h_{\delta l}}}, \quad (3)$$

որտեղ b_{lp} -ն ավտոգնացքի անիվների հեռավորությունն է մեկ առանցքի վրա, $h_{\delta l}$ -ն՝ քարշակի և կիսակցորդի ընդհանուր ծանրության կենտրոնի բարձրությունը:

3. Ըստ կուրսային կայունության պայմանի V_{lp} -ը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$V_{lp}^{l.l} = \sqrt{\frac{G_a \cdot R}{m}}, \quad (4)$$

որտեղ G_a -ն դողերի գումարային կողային կոշտությունն է, m -ը՝ ավտոգնացքի բերված զանգվածը:

Այսպիսով, կրիտիկական արագության ինտեգրալ արժեքը կլինի.

$$V_{lp} = \min(V_{lp}^u, V_{lp}^{2p\varphi}, V_{lp}^{l.l}): \quad (5)$$

Ինտեգրալ ցուցանիշի (գործակցի) նորմատիվային տեսքը որոշվում է ըստ կողային բեռնվածքների և այդ նպատակով օգտագործվում է էներգիայի բանաձևը հետևյալ տեսքով [11].

$$V = (V_{in}/V_{lp})^2 : \quad (6)$$

Հաշվի առնելով լեռնային ճանապարհների առանձնահատուկ ցուցանիշները, V_{lp}^u կլինի.

$$V_{lp}^u = V_{lp} \cdot \sqrt{1 - i \cdot \tan \alpha}, \quad (7)$$

որտեղ i -ն երկայնական թեքությունն է, α -ն՝ ճանապարհի լայնական թեքությունը:

Այսպիսով, ավտոգնացքի վթարայնության դինամիկ ռիսկը կորագիծ շարժման ժամանակ որոշվում է շարժման փաստացի արագության և նվազագույն կրիտիկական արագությունների հարաբերությամբ, երբ կայունության կորուստը դիտարկվում է ըստ կողասահքի (2), շրջման (3) և կուրսային կայունության պայմանի (4):

Դիտարկել է ավտոգնացքի դինամիկական ռիսկի գործակցի հաշվարկի որոշակի օրինակ՝ ՀՀ Մ-3 ավտոմոբիլային ճանապարհի պայմաններում ընդունելով, որ

- ավտոգնացքի զանգվածը՝ $m = 30000$ կգ,
- միջանվային հեռավորությունը՝ $b_{\text{մլ.}} = 1,9$ մ,
- ծանրության կենտրոնի բարձրությունը՝ $h = 1,6$ մ,
- դողերի կողային կոշտությունները. քարշակինը՝ 180 կՆ/մադ, կիսակցորդինը՝ 220 կՆ/մադ:

Ճանապարհի ցուցանիշներն են.

- հորիզոնական կորի շառավիղը՝ $R = 120$ մ,
- լայնական թեքությունը, միակողմանի թեքությունը (վիրաժ)՝ $e = 0,06$,
- երկայնական թեքությունը՝ $i = 0,05$,
- կցման գործակիցը՝ $\varphi = 0,5$:

Հաշվարկվել է դինամիկ ռիսկի գործակիցը 72 կմ/ժ (20 մ/վ) արագության համար:

1. Կողասահքի կրիտիկական արագությունն ըստ (2)-ի.

$$V_{\text{կր.}}^u = \sqrt{\frac{g \cdot R(\varphi + e)}{1 - \varphi \cdot e}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 120(0,5 + 0,06)}{1 - 0,5 \cdot 0,06}} = 26,1 \text{ մ/վ},$$

2. կողաշրջման պայմանով կրիտիկական արագությունն ըստ (3)-ի՝

$$V_{\text{կր.}}^{2\text{թ.}} = \sqrt{\frac{q \cdot R}{h_{\delta.կ.}} \left(\frac{b_{\text{մլ.}}}{2} + eh \right)} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 120}{1,6} (0,95 + 0,06 \cdot 1,6)} = 27,7 \text{ մ/վ},$$

3. կուրսային կայունության պայմանով կրիտիկական արագությունն ըստ (4)-ի՝

$$V_{\text{կր.}}^{կ.կ.} = \sqrt{\frac{R}{m} \left(\frac{G_p G_{կգ.}}{G_p + G_{կգ.}} \right)} = \sqrt{\frac{120}{30000} \cdot 99000} = \sqrt{396} = 19,9 \text{ մ/վ}:$$

Ավտոգնացքի կրիտիկական արագությունն ըստ (5)-ի՝

$$V_{\text{կր.}} = \min(26,1, 27,7, 19,9) = 19,9 \text{ մ/վ կամ } 71 \text{ կմ/ժ}:$$

Ստացվում է, որ սահմանափակող իրավիճակն ավտոգնացքի ծալումն է՝ կուրսային կայունության կորստով:

Ունենալով լեռնային պայմաններում ավտոգնացքի վթարայնության ռիսկերի ինտեգրալ դինամիկական ցուցանիշները (վերլուծական, հաշվարկային օրինակ), կարելի է հաշվարկել վթարների առաջացման ռիսկերը՝ դրանք գնահատելու և ռիսկերը կառավարելու նպատակով, ըստ կայունության պահուստային արժեքի:

Առաջարկվում է մտցնել կայունության ռիսկերի պահուստային արժեքն ըստ հետևյալ առնչության.

$$R_{\text{պ.}} = \frac{1}{K_{\text{դ.պ.}}} = \max \left(\frac{\alpha_y}{\varphi \cdot g}, \frac{M_{\text{խաթ.}}}{M_{\text{վերակ.}}}, \frac{V}{V_{\text{կր.}}} \right),$$

որտեղ R_{uy} -ն կայունության պահուստի ռիսկն է, $K_{p.uy}$ -ն՝ կայունության պահուստի ինտեգրալ դինամիկական գործակիցը, $\alpha_v = \frac{V^2}{R}$ -ն՝ լայնական արագացումը, φ -ն՝ կցման գործակիցը, $M_{խաթ.}$ -ը շրջող (խաթարող) մոմենտն է, $M_{վերակ.}$ -ը՝ վերականգնող մոմենտը, $V_{կր.}$ -ը՝ ամենաանկայուն գործոնի կրիտիկական արագությունը:

Տեղադրելով ֆիզիկական մեծությունները, կստցվի հետևյալ արտահայտությունը.

$$R_{uy} = \max \left[\frac{V^2}{\varphi g R}, \frac{m V^2 h / R}{m g b / 2}, \frac{V}{V_{կր.}} \right],$$

և տեղայնացնելով ստույգ արժեքների համար ֆիզիկական իմաստը, կարելի է եզրակացնել՝

$R_{uy} < 1$ - նշանակում է երթևեկությունը կայուն էր,

$R_{uy} > 1$ - կայունության սահմանային վիճակ է,

$R_{uy} = 1$ - կայունության կորուստն անխուսափելի է:

Նշենք, որ ռիսկը ոչ թե ՃՏՊ-ի հավանականությունն է, այլ կայունության դինամիկական պահուստի ավարտման աստիճանը, որը հնարավորություն է տալիս կանխագուշակել վթարային ռեժիմի սահմանը՝ մինչ այն տեղի կունենա:

Եզրակացություն

1. Կայունության պահուստի ռիսկը չափողականություն չունեցող ինտեգրալ ցուցանիշն է, որը բնութագրում է «վարորդ-ավտոմոբիլ-ճանապարհ-միջավայր» համակարգի կայունության սահմանին հասնելու աստիճանը:
2. Ավտոգնացքի կայունության սահմանին հասնելու վիճակը պայմանավորված է ոչ միայն նշված ինտեգրալ ցուցանիշով, այլև վարորդի համապատասխան գործողություններով, ճանապարհի տրանսպորտային շահագործական ցուցանիշներով, ինչպես նաև միջավայրը բնութագրող կցման գործակցի արժեքով:

Գրականության ցանկ

- [1] **А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин**, Автомобиль. Машиностроение, Москва, 1989, 240 с.
- [2] **T.D. Gillespie**, Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International, Warrendale, PA, 1992.
- [3] **H.B. Pacejka**, Tire and Vehicle Dynamics. 3rd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 2012.
- [4] **J.Y. Wong**, Theory of Ground Vehicles. 4th ed., John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2008.
- [5] **А.С. Литвинов**, Управляемость и устойчивость автомобиля. Машиностроение, Москва, 1971, 416 с.
- [6] **G. Genta, L. Morello**, The Automotive Chassis: Engineering Principles. Springer, Dordrecht, 2009.
- [7] **D. Cebon**, Handbook of Vehicle-Road Interaction. Swets & Zeitlinger, Lisse, 1999.
- [8] **M.W. Sayers, S.M. Karamihas**, The Little Book of Profiling: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles. University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI), 1998.
- [9] World Bank. Guidelines for Conducting Road Safety Audits. Washington, DC, 2005.
- [10] PIARC (World Road Association). Road Safety Manual. Paris, 2019.
- [11] **Я.М.Певзнер**, Теория устойчивости автомобиля. Машгиз, Москва, 1947, 156 с.
- [12] **R. Rajamani**, Vehicle Dynamics and Control. 2nd ed., Springer, New York, 2012, 498 p.

ОЦЕНКА РИСКОВ АВАРИЙНОСТИ АВТОПОЕЗДОВ НА ГОРНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

**Валерик Мамиконович Арутюнян^{1*}, Карапет Акопович Мосикян¹,
Самвел Арамович Нерсисян², Анна Айрапетовна Айрапетян¹**

¹Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

²Министерство внутренних дел Республики Армения, г. Ереван, РА

*vmh-1961@mail.ru

На основе проведённых исследований разработаны и научно обоснованы показатели оценки аварийных рисков автопоездов на горных криволинейных участках автомобильных дорог, основанные на соотношении фактической скорости движения и критических скоростей потери устойчивости. Исследованы предельные состояния потери устойчивости автопоезда в зависимости от условий бокового скольжения, опрокидывания и курсовой устойчивости. Для оценки и управления аварийными рисками автопоездов в горных условиях на основе полученных интегральных динамических показателей предложено ввести резервное значение риска устойчивости, позволяющее количественно оценивать вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Ключевые слова: автопоезд, аварийный риск, устойчивость движения, коэффициент риска, критическая скорость

ASSESSMENT OF ACCIDENT RISKS OF TRUCKS ON MOUNTAIN ROADS

**Valerik Harutyunyan^{1*}, Karapet Mosikyan¹, Samvel Nersisyan²
Anna Hayrapetyan¹**

¹National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

²Ministry of Internal Affairs of the Republic of Armenia, Yerevan, RA

*vmh-1961@mail.ru

Based on the conducted research, indicators for assessing the accident risks of trucks on mountainous curvilinear sections of highways were developed and scientifically validated. These indicators are based on the ratio between the actual vehicle speed and the critical speed of stability loss. The limit states of the truck stability loss were investigated based on the conditions of sideslip, rollover, and course stability. For the assessment and management of the accident risks of trucks under mountainous conditions, based on the obtained integral dynamic indicators, it is proposed to introduce a reserve value of stability risk, which makes it possible to quantitatively estimate the probability of accident occurrence.

Keywords: truck, accident risk, driving stability, risk coefficient, critical speed

Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, տ.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Տրանսպորտային լոգիստիկ համակարգեր և շինարարական մեքենաներ ամբիոն, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Մոսիկյան Կարապետ Հակոբի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Տրանսպորտային լոգիստիկ համակարգեր և շինարարական մեքենաներ ամբիոն, (+374)94854540,

karomosikyan@mail.ru, Ներսիսյան Մամվել Արամի, տ.գ.թ. (ՀՀ, ք. Երևան)- ՀՀ ՆԳՆ, ՀՔ ծառայությունների մատուցման, թույլտվությունների և լիցենզավորման վարչության ՀՔ ստորաբաժանումների համակարգման բաժին, գլխավոր մասնագետ, (+374)93782277, samvel-nersisyan@mail.ru, Հայրապետյան Աննա Հայրապետի (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Տրանսպորտային լոգիստիկ համակարգեր և շինարարական մեքենաներ ամբիոն, դասախոս, (+374)91806019, hayrapetyananna0609@gmail.com

Арутюнян Валерик Мамиконович, к.т.н., доцент (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Транспортных логистических систем и строительных машин, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, Мосикян Карпет Акопович, к.т.н., доцент (РА, г. Ереван)- НУАКА, кафедра Транспортных логистических систем и строительных машин, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru, Нерсисян Самвел Арамович, к.т.н. (РА, г. Ереван) - МВД РА, отдел Координации регистрационно-экзаменационных подразделений управления предоставления услуг, разрешений и лицензирования службы регистрационно-экзаменационных услуг, главный специалист, (+374)93782277, samvel-nersisyan@mail.ru, Айрапетян Анна Айрапетовна (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Транспортных логистических систем и строительных машин, преподаватель, (+374)91806019, hayrapetyananna0609@gmail.com

Harutyunyan Valerik, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Transport Logistics Systems and Construction Machinery, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, Mosikyan Karapet, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Transport Logistics Systems and Construction Machinery, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru, Nersisyan Samvel, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering (RA, Yerevan) - Ministry of Internal Affairs of the Republic of Armenia, Chief Specialist of the Coordination Division of Registration and Examination Units, Department of Service Provision, Permits and Licensing, Registration and Examination Service, (+374)93782277, samvel-nersisyan@mail.ru, Hayrapetyan Anna (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Transport Logistics Systems and Construction Machinery, lecturer, (+374)91806019, hayrapetyananna0609@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 25.06.2026թ.

Գրախոսվել է՝ 27.07.2026թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.09.2026թ.