

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԱՎՏՈՃԱՆԱՊԱՐՀՆԵՐԻՆ ԵՐԹԵՎԵԿՈՒԹՅԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄՆ
ԸՍՏ ԱՎՏՈՍՈՒԲԻԼԻ ԱՐԳԵԼԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ

Աննա Հայրապետի Հայրապետյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
hayrapetyananna0609@gmail.com

Դիտարկված է ավտոմոբիլի հակաարգելափակող համակարգի (ՀԱՀ) ազդեցությունը լեռնային պայմաններում արգելակման ուղու և երթևեկության կայունության վրա: Տեսական վերլուծությունների, մաթեմատիկական մոդելավորման և փորձնական հետազոտությունների հիման վրա ցույց է տրվել, որ ՀԱՀ-ի աշխատանքի արդյունավետությունը հիմնականում պայմանավորված է ճանապարհի երկայնական թեքությամբ և ծածկույթի տեսակով: Կատարված հաշվարկները վերաբերում և բնութագրական են ՀՀ լեռնային պայմանների համար: Ներկայացված են ճանապարհի և ավտոմոբիլի կցման գործակցի, հարաբերական սահքի և արգելակման ուղու կապի դիագրամները: Ցույց է տրված, որ կցման գործակցի արժեքի փոփոխության պայմաններում վերելք-վայրէջք ճանապարհին ՀԱՀ օգտագործումն ապահովում է երթևեկության անվտանգության և կայունության էական բարելավում:

Բանալի բառեր. արգելափակող համակարգ, արգելակման ուղի, կցման գործակցից, լեռնային ճանապարհ, երթևեկության անվտանգություն

Ներածություն

Լեռնային պայմաններում շահագործվող ավտոմոբիլների երթևեկության անվտանգությանը ներկայացվող հիմնական պահանջները դիտարկվում են արգելակային համակարգի արդյունավետությամբ և երթևեկության կայունության ապահովմամբ: Մեծ թեքությունները, կտրուկ շրջադարձերը, արագ փոփոխվող ռելիեֆը և կցման պայմանների հաճախակի փոփոխությունները մեծացնում են կողասահքի և կառավարման կորստի ռիսկերը:

Հակաարգելափակող համակարգն ապահովում է արգելափակված անիվի գլորումը և նվազեցնում է անիվի սահքով շարժման տևողությունը (անցած ճանապարհը), քանի որ անիվի գլորման ժամանակ կցման գործակցից (φ) էականորեն մեծ է սահքի գործակցից ($\varphi_{սահք}$): Ժամանակակից ավտոմոբիլները (մարդատար, բեռնատար, ավտոգնացքներ) կահավորված են ՀԱՀ-ով: Հասկանալի է, որ ՀԱՀ-ն ակտիվանում է բացառապես վթարային արգելակման ժամանակ, երբ գլորվող անիվները բլոկավորվում են և սկսվում է անիվի սահքի գործընթաց: ՀԱՀ-ը նվազեցնում է ճնշումն արգելակման խցում, ինչի արդյունքում անիվը սկսում է կրկին գլորվել, և այդպես պարբերաբար մինչև ավտոմոբիլի լրիվ կանգառը: Երբ ավտոմոբիլի արագությունը նվազում է մինչև 0,8...1,2 կմ/ժ, ՀԱՀ-ն ավտոմատ դանդաղեցնում է իր աշխատանքը [1]:

Ավտոմոբիլի ՀԱՀ-ն համարվում է ակտիվ անվտանգության կարևորագույն բաղադրիչ: Սակայն ՀԱՀ-ի ազդեցությունն արգելակման ուղու չափի վրա ներկայացվում է ոչ միանշանակ, որոշ հեղինակներ [2] նշում են, որ ՀԱՀ-ն մեծացնում է արգելակման ուղին, մյուսները՝ ընդհակառակը, նվազեցնում է [1,9,10]:

Սույն հոդվածը նվիրված է ՀԱՀ-ի աշխատանքի արդյունավետության գնահատմանը լեռնային պայմաններում, որտեղ գլխավոր գործոնը ոչ միայն արգելակման ուղին է, այլ նաև ավտոմոբիլի կառավարելիության պահպանումը:

Նյութեր և մեթոդներ

ՀԱՀ-ն կանխարգելում է ավտոմոբիլի անիվների լրիվ արգելափակումը, պահպանելով սահքն օպտիմալ ռեժիմում՝ 10...20 %, որտեղ կցման գործակիցը դողի և ճանապարհաձաձկույթի միջև առավելագույնն է [1-4,11].

$$\varphi = f(S), \quad 0 < S < 1, \quad (1)$$

որտեղ φ -ն կցման գործակիցն է, S -ը՝ անիվի հարաբերական սահքը:

Ճանապարհաձաձկույթի մեծ մասի համար առավելագույն φ -ն ձևավորվում է, երբ $S \approx 0,1 \dots 0,2$: Եթե անիվի սահքն առավելագույն է ($S=1$), կցման գործակիցը նվազում է 20...60 %-ով:

Հաշվենք արգելակման ուղու երկարությունը՝ $S_{սահք}$, առանց ՀԱՀ-ի.

$$S_{սահք} = \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi_u \cdot g} (u), \quad (2)$$

որտեղ V_0 -ն ավտոմոբիլի արագությունն է արգելակման սկզբում (u/u), φ_u -ն՝ կցման գործակիցը լրիվ սահքի ժամանակ, իսկ g -ն՝ ազատ անկման արագացումը (u/u^2):

ՀԱՀ-ի առկայության դեպքում, երբ անիվը գտնվում է կցման առավելագույն արժեքի պայմաններում (φ_{max}).

$$S_{ՀԱՀ} = \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi_{max} \cdot g} (u): \quad (3)$$

Համեմատությունը պայմանավորված է հետևյալ հարաբերակցությամբ.

$$\varphi_{max} \leq \varphi_u: \quad (4)$$

Փորձնական հետազոտություններով ապացուցված է [2, 5], որ φ_{max} և φ_u արժեքները տարբեր են, կախված ճանապարհի ձաձկույթի վիճակից:

Չոր ասֆալտապատ ճանապարհի վրա. $\varphi_{max} = 0,85$, $\varphi_u = 0,6$,

թաց ասֆալտապատ ճանապարհի վրա. $\varphi_{max} = 0,6$, $\varphi_u = 0,45$,

խճաքարի, կոպիճի և փխրուն ձյան վրա. $\varphi_{max} = 0,3$, $\varphi_u = 0,4$:

Պատճառն արգելակման ժամանակ անիվի դիմաց սեպաձև գոյացության առաջացումն է:

Լեռնային ուղիներում ավտոմոբիլի արգելակման պայմանների առանձնահատկությունները հետևյալն են.

- երկայնական թեքություններ,
- փոքր շառավղով հաճախակի շրջադարձեր,

- ճանապարհների տարբեր վիճակներ՝ չոր ասֆալտ, թաց ասֆալտ, ձյուն, խիճ և այլն,
- սահմանափակ տեսանելիություն:

Դիտարկենք թեքության ազդեցությունն արգելակման դանդաղեցման վրա՝ $j (ւ/ւ^2)$: Արդյունավետ դանդաղեցումը կունենա հետևյալ տեսքը [6].

$$j = \varphi \cdot g \cdot \cos \alpha - g \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

որտեղ α -ն ճանապարհի երկայնական թեքության անկյունն է: Ինչքան մեծ է ճանապարհի երկայնական թեքության α անկյունը, այդքան փոքր է արգելակման արագացումը:

Դիցուկ՝ $\alpha = 10^\circ$ դանդաղեցումը կկազմի.

$$j = g \cdot \sin \alpha = 9,8 \cdot \sin 10^\circ \cdot 1,7 \text{ ւ/ւ}^2,$$

60 կմ/ժ (16,7 մ/վ) արագությամբ շարժվող ավտոմոբիլն արգելակում է $\alpha = 10^\circ$ թեք ճանապարհի վրա:

Չոր ասֆալտապատ ճանապարհի վրա ՀԱՀ-ի առկայության դեպքում $\varphi_{max} = 0,8$ դանդաղեցումը կազմում է.

$$j_{ՀԱՀ} = 0,8 \cdot g \cdot \cos 10^\circ - g \cdot \sin 10^\circ = 6,02 \text{ ւ/ւ}^2 :$$

Անցած ճանապարհը կազմում է.

$$S_{ՀԱՀ} = \frac{16,7^2}{2 \cdot 6,02} = 23,24 \text{ ւ} :$$

Առանց ՀԱՀ-ի սահքի պայմաններում, երբ

$$\varphi_u = 0,6,$$

արագացումը կազմում է.

$$j_u = 0,6 \cdot g \cdot \cos 10^\circ - g \cdot \sin 10^\circ = 4,09 \text{ ւ/ւ}^2,$$

անցած ճանապարհը կազմում է.

$$S_u = \frac{16,7^2}{2 \cdot 4,09} = 34,09 \text{ ւ} :$$

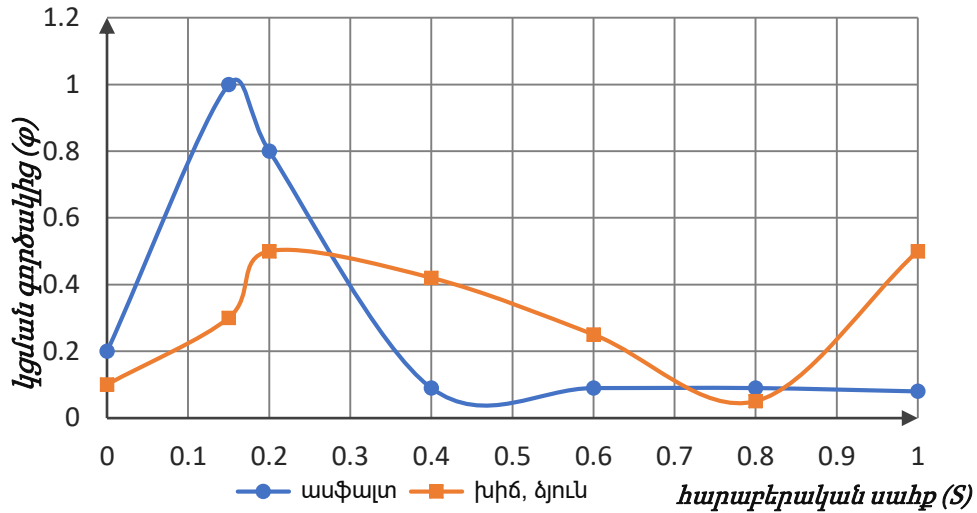
Փաստորեն, ՀԱՀ-ի առկայությունն արգելակման ժամանակ անցած ճանապարհը կրճատում է մոտ 33 %-ով:

Նկ. 1- ում բերված է հարաբերական սահքի և կցման գործակցի կապի դիագրամները չոր ասֆալտի և խճապատ ճանապարհների վրա՝ ըստ աղ.1-ի բերված տվյալների:

Աղյուսակ 1

Կցման և սահքի գործակիցների փոփոխությունն ըստ ճանապարհի տեսակի

$S(ւ)$	0,0	0,15	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
φ (ասֆալտ)	0,2	1,0	0,8	0,09	0,09	0,09	0,08
φ (խիճ, ձյուն)	0,1	0,3	0,5	0,42	0,25	0,05	0,5



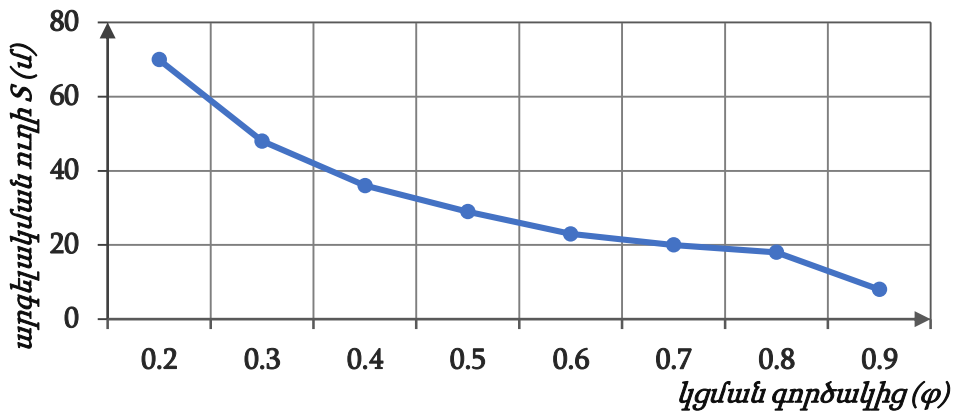
Նկ. 1. Հարաբերական սահքի և կցման գործակիցի կապի դիագրամները չոր ասֆալտի և խճասառ ճանապարհների վրա

Աղ. 2-ում ներկայացված են կցման գործակիցի և արգելակման ուղու միջև կապի հաշվարկային տվյալները, իսկ նկ. 2-ում բերված է այդ կապի դիագրամը:

Աղյուսակ 2

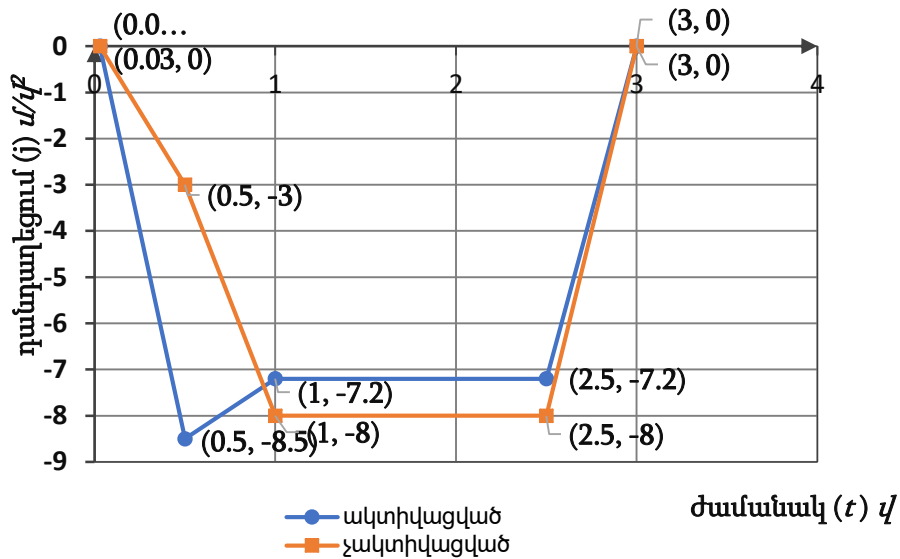
Կցման գործակիցի և արգելակման ուղու կապի հաշվարկային տվյալները

φ	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$S(u)$	70	48	36	29	23	20	18	8



Նկ. 2. Կցման գործակիցի և արգելակման ուղու կապի դիագրամը

Այժմ դիտարկենք ավտոմոբիլի արգելակման գործընթացի փուլերը և շարժման դինամիկան՝ ՀԱՀ-ի ակտիվացված և չակտիվացված աշխատանքային ռեժիմների դեպքում (նկ. 3).



Նկ. 3. 10° վերելքի պայմաններում ավտոմոբիլի արգելակման դանդաղեցման դիագրամները՝ ՀԱՀ-ի ակտիվացված և առանց ՀԱՀ-ի ([1])

ա) արգելակում առանց ՀԱՀ-ի (անիվների արգելափակման ռեժիմ)։

- առաջին փուլ - տևողությունը՝ 0...0,3 վ: Դանդաղեցումն արագ աճում է՝ հասնելով առավելագույն արժեքի՝ մոտ 8,6 u/v^2 ,
- երկրորդ փուլ - անիվներն արգելափակված են՝ կցման գործակիցը նվազում է մինչ սահքի գործակիցը $\varphi_u \approx 07...0,8$, արդյունքում դանդաղեցումը կտրուկ նվազում է: Փուլի տևողությունը կազմում է մոտ 0,3 վ,
- երրորդ փուլ - ավտոմոբիլը շարժվում է գրեթե հաստատուն դանդաղեցմամբ, սակայն ղեկավարման հնարավորությունը և կուրսային կայունությունը կորցված են, ինչի հետևանքով կանգառի ուղին մեծանում է, իսկ ավտոմոբիլի շարժման ուղղությունը պատահական կամայական է,

բ) արգելակում ՀԱՀ-ի ակտիվացված վիճակում.

- առաջին փուլ - տևողությունը՝ 0...0,3 վ: Դանդաղեցումն արագ աճում է,
- երկրորդ փուլ - 0,3 վ-ից հետո համակարգը կանխարգելում է անիվների արգելափակումը, պարբերաբար մեծացնելով և նվազեցնելով ճնշումն արգելակման համակարգում: Արդյունքում դանդաղեցումը պահպանվում է գրեթե նույն մակարդակի վրա՝ 8,0...8,5 u/v^2 , որը համապատասխանում է առավելագույն կցման գործակցին,
- երրորդ փուլ - դանդաղեցումը պահպանվում է առավելագույն բարձր մակարդակի վրա՝ մինչև ավտոմոբիլի լրիվ կանգառը: Ավտոմոբիլը պահպանում է կառավարելիությունը:

Արդյունքներ և քննարկում

Ճանապարհի երկայնական թեքության վրա արգելակման ժամանակ տեղի է ունենում բեռնվածության վերաբաշխում՝ վայրեջքի ժամանակ ուղղորդ անիվների վրա բեռնվածությունը

մեծանում է, իսկ հետևի առանցքի վրա՝ նվազում: Այդ երևույթն անվանվում է բեռնվածքի երկայնական վերաբաշխում [12]:

Հայտնի է, որ անիվ-ճանապարհ գույգի [1, 7, 8] շփման առավելագույն ուժն ուղիղ համեմատական է անիվի վրա ընկնող նորմալ բեռնվածությանը, այսինքն՝

$$F_{շփ} = \varphi \cdot F_{բեռ}, \quad (6)$$

որտեղ φ -ն անվադողի կցման գործակիցն է: Միաժամանակ հայտնի է, որ կցման գործակցի և անիվի վրա ընկնող բեռնվածության միջև կախվածությունը գծային չէ և ունի որոշակի փոփոխություն: Ավտոմոբիլի առանցքների վրա բեռնվածության փոփոխության ΔF պարզեցված մոդելը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով.

$$\Delta F = \frac{m \cdot j \cdot h}{L}, \quad (7)$$

որտեղ m -ը ավտոմոբիլի զանգվածն է ($կգ$), j -ն՝ դանդաղեցումը ($ւ/ւ^2$), h -ը՝ զանգվածի ծանրության կենտրոնի բարձրությունը ($ւ$), L -ը՝ անիվային բազան ($ւ$):

Ճանապարհի 10° թեքության վրա 8000 $կգ$ զանգվածով ավտոմոբիլի երկայնական բեռնվածության վերաբաշխման պայմաններում հաշվենք արգելակման ժամանակ արագացումը և արգելակման ուղին 60 $կմ/ժ$ (16,67 $ւ/վ$) արագությամբ շարժվող ավտոմոբիլի համար:

Ծանրության ուժը կազմում է

$$G = m \cdot g = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Ն},$$

նորմալ բաղադրիչը կլինի

$$N = G \cdot \cos\theta = 78480 \cdot \cos 10^\circ = 78480 \cdot 0,9848 = 77290 \text{ Ն},$$

իսկ դեպի ներքև ձգող ուժը՝

$$F_{\Delta q} = G \cdot \sin\theta = 78480 \cdot \sin 10^\circ = 78480 \cdot 0,1736 = 13630 \text{ Ն}:$$

Դեպի ներքև ձգող ուժը՝ $F_{\Delta q}$, արգելակմանը խոչընդոտող ուժն է վայրէջքի ժամանակ:

Ավտոմոբիլի արգելակման ժամանակ արգելակող ուժը նախ պետք է հաղթահարի տվյալ դիմադրող ուժը, իսկ դրա մնացած մասն ապահովում է արգելակման արդյունավետությունը:

Դիտարկենք արգելակման արագացումը և ավտոմոբիլի կանգադի ուղին ՀԱՀ-ի և առանց դրա արգելակման ժամանակ (աղ. 3):

Աղյուսակ 3

Արգելակման ուղին և արագացումը ՀԱՀ-ով և առանց դրա

Պարամետրեր	ՀԱՀ-ի միջոցով, $\varphi = 0,9$	Առանց ՀԱՀ-ի, $\varphi = 0,7$
Կցման առավելագույն ուժը, $F_{կց}$, Ն	$0,9 \cdot 77290 = 69560$	$0,7 \cdot 77290 = 54100$
Արագացմանը նպաստող ուժը, $F_{նւ} = F_{կց} - F_u$, Ն	$69560 - 13630 = 55930$	$54100 - 13630 = 40470$
Առավելագույն արագացում, j_w , $ւ/ւ^2$	$55930/8000 = 6,99$	$40470/8000 = 5,06$
Արգելակման ուղին, $S = V^2/2\alpha$, $ւ$	$16,67^2 / 2 \cdot 6,99 = 19,9$	$16,67^2 / 2 \cdot 5,06 = 27,5$

Փաստորեն, ՀԱՀ-ի կիրառումը 10° թեք ճանապարհի վրա արգելակելու ժամանակ կանգառի ուղին կրճատում է $27,5-19,9=7,6$ մ կամ $27,6\%$:

Առավել բարդ դինամիկա գոյություն ունի ավտոգնացքի վերելք-վայրէջքներում արգելակելու դեպքում, սակայն դա կդիտարկենք այլ հետազոտության մեջ:

Եզրակացություն

1. Արգելակման ընթացքում, երբ անիվն արգելափակված է, կցման սահքի գործակիցը մեծանում է, ինչի արդյունքում խաթարվում է ավտոմոբիլի կուրսային կայունությունը, որը կարող է սպառնալ երթևեկության անվտանգությանը:

2. Արգելափակող համակարգի աշխատանքի արդյունավետությունը պայմանավորված է կցման գործակցի արժեքով, որի նվազման դեպքում կցման սահքի գործակիցը մեծանում է՝ առաջացնելով արգելակման ուղու երկարացում, որն իր հերթին կարող է հանգեցնել ճանապարհատրանսպորտային պատահարի հավանականության աճի:

Գրականության ցանկ

- [1] **Я.Н. Нефедьев**, Адаптивная АБС. Журнал автомобильных инженеров 2 (103) (2017) 22-27.
- [2] **Л.В. Гуревич, Р.А. Меламуд**, Тормозное управление автомобиля. Транспорт, Москва 1978, 152 с.
- [3] **А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин**, Автомобиль. Машиностроение, Москва, 1989, 240 с.
- [4] **А.И. Гришкевич**, Автомобили, Теория, учебник для вузов. Высшая школа, Минск, 1986, 208 с.
- [5] **Б. Игнашин**, Колеса. Режим доступа: <<https://www.kolesa.ru/article/svobodu-kolesam-istorija-abs-ot-30h-godov-do-nashih-dnej-2015-11-03>> (Дата обращения 18.11 2022)
- [6] **Н.А. Бухарин**, Тормозные системы автомобилей. Теория, конструкция, расчет и испытание. Машгиз. [Ленингр. отд-ние], Ленинград, Москва, 1950, 292 с.
- [7] **Т.М. Ткачева, К.А. Цибалов, Д.О. Шишкин**, Погрешности видеокамеры, спидометра и навигатора. Ажтомобиль. Дорога. Инфраструктура: электронный научный журнал 1(19) (2019) 17.
- [8] Автомобильный справочник Bosch, 3-е изд., Москва, За рулём, 2012, 1280 с.
- [9] **Е.А. Чудаков**, Теория автомобиля, Машгиз, Москва, 1950, 343 с.
- [10] **В.А. Иларионов**, Эксплуатационные свойства автомобиля, Машиностроение, Москва, 1966, 280 с.
- [11] **Ю.Л. Ревин**, Тормозные системы автомобилей, Транспорт, Москва, 1981, 216 с.
- [12] **Н. Heisler**, Advanced Vehicle Technology, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002, 654 p.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Анна Айрапетовна Айрапетян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
hayrapetyananna0609@gmail.com

Исследовано влияние антиблокировочной тормозной системы автомобиля (АБС) на тормозной путь и устойчивость движения в горных условиях. На основе теоретического анализа, математического моделирования и экспериментальных исследований показано, что эффективность работы АБС в основном определяется продольным уклоном дороги и типом дорожного покрытия. Проведённые расчёты относятся к горным условиям Республики Армения и являются для них характерными. Представлены диаграммы зависимости коэффициента сцепления дороги и шины, относительного скольжения и тормозного пути. Показано, что применение АБС на участках дороги с подъёмами и спусками при изменении значения коэффициента сцепления обеспечивает существенное повышение безопасности и устойчивости движения.

Ключевые слова: антиблокировочная тормозная система, тормозной путь, коэффициент сцепления, горная дорога, безопасность движения

ASSESSMENT OF TRAFFIC SAFETY ON MOUNTAIN ROADS BASED ON THE VEHICLE BRAKING SYSTEM

Anna Hayrapetyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
hayrapetyananna0609@gmail.com

The effect of the anti-lock braking system (ABS) on braking distance and traffic stability under mountainous conditions is investigated. Based on theoretical analysis, mathematical modeling, and experimental studies, it is shown that the efficiency of ABS operation is mainly determined by the longitudinal road gradient and the type of road surface. The performed calculations are representative of and characterize the mountainous conditions of the Republic of Armenia. Diagrams illustrating the relationship between the tire-road adhesion coefficient, relative slip, and braking distance are presented. It is demonstrated that, under varying adhesion conditions on uphill and downhill road sections, the use of ABS provides a significant improvement in traffic safety and vehicle stability.

Keywords: anti-lock braking system, braking distance, adhesion coefficient, mountain road, traffic safety

Հայրապետյան Աննա Հայրապետի (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Տրանսպորտային, լոգիստիկ համակարգերի և շինարարական մեքենաների ամբիոն, դասախոս, (+374)91806019, hayrapetyananna0609@gmail.com
Айрапетян Анна Айрапетовна (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Транспортных, логистических систем и строительных машин, преподаватель, (+374)91806019, hayrapetyananna0609@gmail.com
Hayrapetyan Anna (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Transport Logistics Systems and Construction Machinery, lecturer, (+374)91806019, hayrapetyananna0609@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 30.01.2026թ.

Գրախոսվել է՝ 10.02.2026.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2026թ.