

**ՃԱՆԱՊԱՐՀԻ ՎԻՐԱԺԻ ԱՆԿՅԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ
ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ**

Վալերիկ Մամիկոնի Հարությունյան*, Կարո Հակոբի Մոսիկյան,

Աննա Հայրապետի Հայրապետյան, Անահիտ Վարդգեսի Հարությունյան

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

**vmh-1961@mail.ru*

Ավտոմոբիլային ճանապարհների շրջադարձերում կորագիծ շարժման ժամանակ ավտոմոբիլի վրա ազդում են կենտրոնախույս ուժեր, որոնք ձգտում են ավտոմոբիլը դուրս բերել շրջադարձի հետագծից, պատճառ դառնալով վթարային իրավիճակի: Հողվածում դիտարկված է կորագիծ շարժման ժամանակ, հատկապես ճանապարհի երկայնական թեքության պայմաններում, ավտոմոբիլի վրա ազդող ուժերը, դրանց հաշվարկման մեթոդիկան, վիրաժի բնութագրերը և այն: Վերլուծվել է կցման գործակցի փոփոխությունը, կողային ուժերի մեծությունը և դրա հիման վրա դուրս է բերվել շրջադարձի ժամանակ, կախված կորության շառավղից և արագությունից, վիրաժի անկյան մեծության հաշվարկի վերլուծական արտահայտությունը: Ներկայացված է նաև ճանապարհաշինական աշխատանքներում և նախագծման ժամանակ շրջադարձի թեքության անկյան որոշման գոյություն ունեցող մեթոդաբանությունը և տրված է համեմատական գնահատական:

***Բանալի բառեր.** վիրաժ, կտրտված ռելիեֆ, կցման գործակցից, նորմալ ռեակցիա, կուրսային կայունություն, կողասահք*

Ներածություն

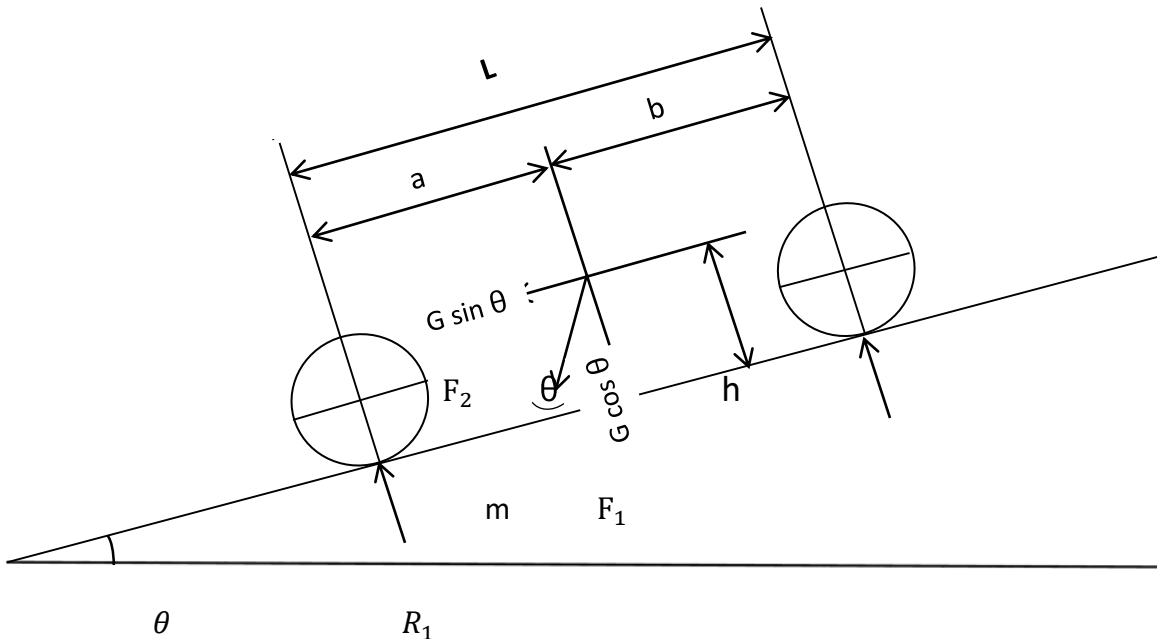
Կորագիծ հետագծով երթևեկելու ժամանակ ավտոմոբիլի վրա ազդում է կենտրոնախույս ուժ [1]: Նման ռեժիմով երթևեկությունը պահանջում է պնևմատիկ դողի և ճանապարհաձաձկույթի հուսալի կցում՝ կողասահքից խուսափելու նպատակով: Կախված ճանապարհի շրջադարձի կորության շառավղից, ավտոմոբիլի զանգվածից, երթևեկության արագությունից, ինչպես նաև շփման ուժից, ձևավորվում է ավտոմոբիլի լայնական կայունությունը շրջադարձի ժամանակ:

Վիճակագրությունը ցույց է տալիս [2, 3], որ ճանապարհատրանսպորտային պատահարների (ՃՏՊ) որոշակի քանակ տեղի է ունենում ճանապարհների այն տեղամասերում, որտեղ առկա են շրջադարձեր, հատկապես ուղիղ տեղամասից անմիջապես հետո: Ուղիղ տեղամասում երթևեկության ընտրված արագությունը շրջադարձի ժամանակ չի ապահովում ավտոմոբիլի լայնական կայունությունը՝ կենտրոնախույս ուժերի, պնևմատիկ դողերի և ճանապարհաձաձկույթի շփման ուժերի անհամապատասխանության պատճառով, որը պատճառ է դառնում ավտոմոբիլի երթևեկության գոտուց դուրս գալու և վթարվելու: Նման իրավիճակները լեռնային ճանապարհներին հաճախակի են, հատկապես օրվա մութ ժամերին, տեղումների ժամանակ,

ձյունածածկի և մերկասառույցի պայմաններում, երբ ավտոմոբիլի պնևմատիկ դողի և ճանապարհածածկույթի կցման գործակիցն էականորեն նվազում է, առանձնապես ճանապարհների թեք տեղամասում շրջադարձի դեպքում [3, 4]:

Նյութեր և մեթոդներ

Դիտարկված են ավտոմոբիլի վրա ազդող ուժերը կորագիծ շարժման ժամանակ, օգտվելով ավտոմոբիլի շարժման դինամիկական հավասարումից, որը հիմնված է կենտրոնախույս ուժերի, դարձի շառավղի, շփման ուժերի (որոնք առկա են պնևմատիկ դողերի և ճանապարհածածկույթի միջև) փոխազդեցության վրա: Հաշվարկների ժամանակ աերոդինամիկ դիմադրությունը, դողերի պատրաստման նյութը և այլ գործոններ հաշվի չեն առնվել՝ դրանց համեմատաբար փոքր արժեքների պատճառով: Շրջադարձի ժամանակ ուղղորդ անիվների վրա ազդում է ծանրության ուժը, որն ունի երկու բաղադրիչներ (նկ.) [5-7]:



Նկ. Ճանապարհի թեք հաստվածում ավտոմոբիլի վրա ազդող ուժերը

1. Ուղղահիգ բաղադրիչը θ անկյունով թեք ճանապարհի վրա կազմում է՝

$$F_1 = m \cdot g \cdot \cos \theta, \tag{1}$$

որտեղ m -ը ավտոմոբիլի զանգվածն է ($կգ$), g -ն՝ ազատ անկման արագացումը ($9,81 մ/վրկ^2$), θ -ն՝ ճանապարհի լայնական թեքության անկյունը:

F_1 -ուժն ուղղորդ անիվներին սեղմում է ճանապարհի հարթությանը, առաջացնելով նորմալ ռեակցիա:

2. Տանգեցիալ բաղադրիչը, որը ավտոմոբիլին հաղորդում է արագացում թեքության ուղղությամբ, որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$F_2 = m \cdot g \cdot \sin \theta: \tag{2}$$

Կենտրոնախույս ուժը F_y շրջադարձի ժամանակ ճանապարհի թեք հարթության վրա ուղղված է շրջադարձի կենտրոնից դուրս և կախված ավտոմոբիլի շարժման արագությունից և շրջադարձի շառավղից, կազմում է

$$F_y = mv^2 / r, \quad (3)$$

որտեղ v -ն ավտոմոբիլի արագությունն է դարձի ժամանակ (u/u'), r -ը՝ շրջադարձի շառավղը (u'):

3. Ճանապարհի նորմալ ռեակցիան՝ R_1 -ը, այն ուժն է, որն ազդում է ուղղորդ անիվների վրա և կազմում է ուղղաձիգ ուժերի հակադարձ մեծության արժեքը՝

$$R_1 = -F_1: \quad (4)$$

Շփման ուժը ձևավորվում է դողի և ճանապարհաձաձկույթի հպման տեղում, առաջացնելով սահք ճանապարհի երկայնքով դեպի ներքև, և պահպանում է ավտոմոբիլի առաջադրված շրջադարձի հետագիծն ու կանխարգելում դիմային խոտորումը:

Արդյունքներ և քննարկում

Շրջադարձի շառավղը կարելի է արտահայտել ուղղորդ անիվի թեքման անկյունով (θ) և ավտոմոբիլի անվային բազայով (L)՝

$$r = L/tg\theta, \quad (5)$$

որտեղ L -ը անվային բազան է (u), θ -ն՝ ուղղորդ անիվների թեքման անկյունը:

Ավտոմոբիլն առաջադրված կոր հետագծով երթնելելու ժամանակ սահքը բացառելու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի շփման ուժը $F_{շփ}$ բավարարի հետևյալ պայմանին [5-7].

$$F_{շփ} = \varphi \cdot N = \varphi \cdot m \cdot g, \quad (6)$$

որտեղ φ -ն անիվի և ճանապարհաձաձկույթի կցման գործակիցն է, N -ը՝ ավտոմոբիլի վրա ազդող նորմալ ուժը, $N = m \cdot g$:

Ավտոմոբիլի կորագիծ շարժման ժամանակ կայունությունը պահպանելու համար անհրաժեշտ է, որ կենտրոնախույս ուժը նվազագույն դեպքում հավասար լինի անիվների և ճանապարհաձաձկույթի շփման ուժին, այն է՝

$$mv^2 / r = \varphi \cdot m \cdot g, \quad (7)$$

պարզեցնելով հավասարումը և կրճատելով ավտոմոբիլի m զանգվածը կստացվի՝

$$v^2 / r = \varphi \cdot g, \quad (8)$$

համատեղ լուծելով (5) և (8) -ը, կստացվի՝

$$v^2 / (L/tg\theta) = \varphi \cdot g: \quad (9)$$

(9) հավասարումից կստացվի ավտոմոբիլի արագությունը՝

$$V = \sqrt{\varphi \cdot g \cdot L/tg\theta}: \quad (10)$$

Ավտոմոբիլի շարժման կայունությունն ապահովելու անհրաժեշտ պայման է հանդիսանում կենտրոնախույս ուժի և շփման ուժի հետևյալ հարաբերակցությունը.

$$F_{շփ} \geq F_y: \quad (11)$$

Հետևաբար, ավտոմոբիլի կայունությունը շրջադարձի ժամանակ ապահովելու համար անհրաժեշտ է, որ

$$\varphi \cdot m \cdot g \geq mv^2 / r, \quad (12)$$

կամ ձևափոխելով (12) արտահայտությունը՝

$$\varphi \cdot g \geq v^2 / r, \quad (13)$$

կստացվի

$$\varphi \geq v^2 / gr : \quad (14)$$

Հայտնի է, որ շրջադարձերի տեղամասում հատկապես հանրապետական և միջպետական ավտոմոբիլային ճանապարհներին, գոյություն ունեն վիրաժի տեղամասեր, որոնք ապահովում են ավտոմոբիլի կայունությունն այդ տեղամասերում: Վիրաժի հիմնական նշանակությունը նման դեպքերում ավտոմոբիլի կենտրոնախույս ուժերի կոմպենսացումն է, որն ազդում է ավտոմոբիլի վրա՝ մեծացնելով դողի և ճանապարհաձաձկույթի շփման ուժը [1, 5, 8] :

Ավտոմոբիլի շարժման արագության և վիրաժի անկյան միջև վերլուծական կապը որոշելու համար կարելի է օգտվել կենտրոնախույս ուժի բանաձևից (1): Վիրաժի երկրաչափական տեսքը պետք է լինի այնպիսին, որպեսզի կենտրոնախույս ուժի մի մասը դարձի ժամանակ կոմպենսացվի վիրաժի թեքության հաշվին:

Այդ տեղամասում վիրաժի անկյունը բնութագրվում է հորիզոնական հարթության նկատմամբ ճանապարհի թեքության անկյունով՝ լայնական ուղղությամբ: Վիրաժի անկյունը (θ) պետք է ապահովի ավտոմոբիլի կայուն ընթացքը շրջադարձի ժամանակ առանց կողասահքի և կայունության կորստի: Այդ նպատակով անհրաժեշտ է, որպեսզի ավտոմոբիլի վրա ազդող ուժերի հանրագումարը հավասարակշռի կենտրոնախույս ուժերին, այսինքն [9, 10].

$$\operatorname{tg} \theta = v^2 / rg, \quad (15)$$

որտեղ θ -ն վիրաժի անկյունն է, r -ը՝ շրջադարձի շառավիղը:

Բերված հավասարումից երևում է, որ ինչքան մեծ է շրջադարձի ժամանակ ավտոմոբիլի արագությունը, այնքան մեծ պետք է լինի վիրաժի անկյունը:

Վիրաժի անկյունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\theta = \operatorname{arctg}(v^2 / rg): \quad (16)$$

Փաստորեն վիրաժի անկյան մեծացումը առաջ է բերում ավտոմոբիլի կենտրոնախույս ուժի ազդեցության նվազում՝ դողի և ճանապարհաձաձկույթի շփման ուժի աճի հաշվին և շրջադարձի վրա ավտոմոբիլի առավել բարձր արագությամբ երթևեկելու ժամանակ ապահովում է կայունությունը:

Կենտրոնախույս ուժի կոմպենսացումը կարելի է հաշվարկել հետևյալ բանաձևով [7, 11, 12].

$$F_{կոմպ.} = m \cdot g \cdot \sin \alpha\theta: \quad (17)$$

Առավել կիրառական կարելի է ընդունել (17) արտահայտությունը ճանապարհանախագծային աշխատանքներում:

Ճանապարհների նախագծման ժամանակ գոյություն ունեցող մեթոդիկան [11] նախատեսում է վիրաժի թեքությունը հաշվարկել հետևյալ արտահայտությամբ.

$$i_{վիր.} = v^2 / gR - \mu, \quad (18)$$

որտեղ v -ն ավտոմոբիլի արագությունն է վիրաժի վրա (u'/u), R -ը շրջադարձի առաջադրված շառավիղն է (u'), μ -ն լայնական ուժի գործակիցն է և կազմում է 0,05 ... 0,10 [9, 11]:

Հանաձայն ՀՀՇՆ 32-01-2022 «Ավտոմոբիլային ճանապարհներ» շինարարական նորմերի, ճանապարհի լայնական թեքությունը, կախված ճանապարհի շրջադարձի կորի շառավիղից նշանակվում է 20 ‰ -ից մինչև 60 ‰: Ճանապարհների նախագծման ժամանակ շրջադարձի շառավիղը հաշվարկվում է հետևյալ արտահայտությամբ [11, 13, 14].

$$r = v^2 / 127(\mu \pm i_2) (u'), \quad (19)$$

որտեղ μ -ն կողային ուժի գործակիցն է, i_2 -ը՝ երթևեկելի մասի լայնական թեքությունը, չոր ասֆալտբետոնե ճանապարհի համար կազմում է $i_2=0,02$:

Շրջադարձի ժամանակ վիրաժի թեքության անկյան և շրջադարձի շառավիղի ֆունկցիոնալ կապը (16) պայմանավորված է ճանապարհի նախագծման ժամանակ տեղանքի փաստացի վիճակից և հնարավորություն է տալիս ապահովել ավտոմոբիլի շարժման արագության և շրջադարձի շառավիղի օպտիմալ արժեքների ընտրություն՝ անվտանգ երթևեկության արագության պայմանով:

Եզրակացություն

1. Լեռնային տեղանքի սահմանափակ պայմաններում ավտոմոբիլային ճանապարհներին երթևեկության անվտանգության ապահովման նպատակով շրջադարձերի բնութագրերի ընտրության ժամանակ վիրաժի անկյան որոշման $\theta = \arctg(v^2/gr)$ արտահայտությունը հնարավորություն է տալիս ընտրել արագության և շրջադարձի անկյան օպտիմալ արժեքները՝ ելնելով բավարար տեսադաշտի փաստացի արժեքից:
2. Երաշխավորել ավտոմոբիլային ճանապարհների նախագծող կազմակերպություններին լեռնային կտրտված տեղանքով ճանապարհներին վիրաժների թեքության անկյան որոշման ժամանակ օգտագործել վերը բերված վերլուծական արտահայտությունը:

Գրականության ցանկ

- [1] **В.П. Тарасик**, Теория движения автомобиля, БХВ-Петербург, Санкт-Петербург, 2006, 478 с.
- [2] **М.В. Немиров**, Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля, Транспорт, Москва, 1995, 231 с.
- [3] **В.Ф. Бабков**, Дорожные условия и безопасность движения, Транспорт, Москва, 1998, 270 с.
- [4] **L. Virca, V. Dascalu, C. Grigoras**, Research on Improving the Maintenance Activities for Military vehicles, International Conference Knowledge – Based Organization 21 (3) (2015), <https://doi.org/10.1515/kbo-2015-0152>

- [5] **Thomas D. Gillespie**, Fundamentals of Vehicle Dynamics. Revised Edition, SAE International, 2021, 512 p.
- [6] **Rahim Haider, AI Mustaan Kakar, Sikandar Bilal Khattak, et al.** Development of Optimized Maintenance System for Vehicle Fleet. Journal of Engineering and Applied Sciences 34 (2) (2015) 21-27.
- [7] **Н.А. Бухарин**, Тормозные системы автомобилей, Москва, 1950, 291 с.
- [8] **М. Мейрвек**, Автомобильная серия, Динамика автомобиля, 2020, 307с.
- [9] **ՀՀՇՆ 32-01-2022**. Ավտոմոբիլային ճանապարհներ շինարարական նորմեր, Երևան, 2022, 202 էջ:
- [10] **В.В. Силянова**, Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, 2004, 296 с.
- [11] **В.Ф. Бабков**, Автомобильные дороги, Проектирование и строительство, Транспорт, Москва, 1987, 368 с.
- [12] Design Manual for Roads and Bridges (DMRB).
- [13] **ԳՈՍՍ 33100-2014**. Ընդհանուր օգտագործման ավտոմոբիլային ճանապարհներ: Ավտոմոբիլային ճանապարհների նախագծման կանոններ:
- [14] **ԳՈՍՍ 33149-2014**. Ընդհանուր օգտագործման ավտոմոբիլային ճանապարհներ: Բարդ պայմաններում ավտոմոբիլային ճանապարհների նախագծման կանոնները:

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБОРА ВЕЛИЧИНЫ УГЛА ВИРАЖА ДОРОГИ

**Валерик Мамиконович Арутюнян^{*}, Карапет Акопович Мосикян,
Анна Айрапетовна Айрапетян, Анаит Вардгесовна Арутюнян**

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

**vmh-1961@mail.ru*

Во время криволинейного движения в поворотах автомобильных дорог на автомобиль действуют центробежные силы, стремящиеся увести автомобиль с траектории движения, вызывая аварийную ситуацию. В статье рассмотрены силы, действующие на автомобиль при криволинейном движении, особенно в условиях продольного уклона дороги, методика их расчета, характеристики виража и т.д. Проанализировано изменение коэффициента сцепления, величины боковых сил и на основании этого получено аналитическое выражение для расчета угла виража в зависимости от радиуса кривизны и скорости во время поворота. Представлена также существующая методика определения угла виража при дорожно-строительных работах и проектировании, дана сравнительная оценка.

Ключевые слова: *вираж, изрезанный рельеф, коэффициент крепления, нормальная реакция, курсовая устойчивость, боковое скольжение*

ANALYSIS AND STUDY OF THE CHOICE OF THE SUPERELEVATION ANGLE VALUE

Valerik Harutyunyan*, Karapet Mosikyan, Anna Hayrapetyan, Anahit Harutyunyan

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

*vmh-1961@mail.ru

During the curvilinear motion in the turns of the highways, the car is affected by centrifugal forces, which tend to pull the car out of the turning trajectory, causing an emergency situation. The present article touches upon the forces affecting the car during curvilinear motion, especially in the conditions of the longitudinal slope of the road, the methodology of their calculation and the characteristics of the superelevation, etc. The change of the attachment coefficient, the magnitude of the lateral forces were analyzed, and based on this, the analytical expression for the calculation of the magnitude of superelevation angle, depending on the radius of curvature and the speed during the turn was derived. The existing methodology for determining the angle of turn in road construction and design is also presented and a comparative assessment is made.

Keywords: *superelevation, rugged relief, attachment coefficient, normal reaction, course stability, sideslip*

Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, ս.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Սոսիկյան Կարապետ Հակոբի, ս.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru, **Հայրապետյան Աննա Հայրապետի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, դասախոս, (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Հարությունյան Անահիտ Վարդգեսի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, դասախոս (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

Арутюнян Валерик Мамиконович, к.т.н., доцент (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Мосикян Карпет Акопович, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван)- НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru, **Айрапетян Анна Айрапетовна** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, преподаватель, (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Арутюнян Анаит Вардгесовна** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, преподаватель (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

Harutyunyan Valerik, doctor of philosophy (Ph.D) in engineering, associate professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Mosikyan Karapet doctor of philosophy (Ph.D) in engineering, associate professor** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru, **Hayrapetyan Anna** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, lecturer (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Harutyunyan Anahit** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, lecturer (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 10.10.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 22.11.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 25.12.2024թ.