

**ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՃԱՆԱՊԱՐԻՆԵՐԻՆ ԱՎՏՈՄՈՒՄԻ ԾԱՀԱԳՈՐԾԱԿԱՆ ՌԵՍՈՒՐՍԻ  
ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

**Վալերիկ Մամիկոնի Հարությունյան՝ Աննա Հայրապետի Հայրապետյան,  
Անահիտ Վարդգեսի Հարությունյան**

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ  
\*vmh-1961@mail.ru*

*Դիտարկված է լեռնային ճանապարհներին ավտոմոբիլի շահագործական ռեսուրսի նվազման վրա ազդող գործոնների ինտեգրալ մոդելի ձևավորումն ըստ ճանապարհների վերելք-վայրէջքների, միջավայրի ջերաստիճանի, գերբեռնվածությունների, ճանապարհածածկույթի որակի և այլ գործոնների: Մշակված մաթեմատիկական մոդելը հնարավորություն է տալիս որոշել լեռնային պայմաններում շահագործվող ավտոտրանսպորտային միջոցների շահագործման, տեխնիկական սպասարկման և հիմնական նորոգումների ժամկետները, ինչպես նաև շահագործական ռեսուրսի վրա ազդող գործոններից յուրաքանչյուրի ազդման տեսակարար կշիռը:*

***Բանալի բառեր.** ավտոմոբիլի ռեսուրս, լեռնային ճանապարհ, մաթեմատիկական մոդել, կանխատեսում, մաշ*

### **Ներածություն**

Լեռնային ճանապարհներն իրենց տրանսպորտային շահագործական հատկանիշներով որոշակի ազդեցություն են թողնում ավտոմոբիլի և դրա ագրեգատների ու հանգույցների ռեսուրսի վրա: Մշտական վերելք-վայրէջքները, կտրուկ շրջադարձերը, ճանապարհների փոքր կորության շառավիղները և վիրաժները ստեղծում են բեռնվածություններ, հատկապես ավտոմոբիլների ընթացքային մասի, արգելակային համակարգի, կախոցների, շարժիչի վրա և այլն:

Պրոֆ. Բ.Վ. Գուլը լեռնային ճանապարհներին ավտոմոբիլի հուսալիության հետազոտման մենագրությունում նշում է, որ բեռնվածությունները լեռնային ճանապարհներին, համեմատած հարթավայրային ճանապարհների հետ, գերազանցում է 3...9 անգամ [1]: Բնականաբար, էականորեն նվազում է ավտոմոբիլի, դրա ագրեգատների և հանգույցների շահագործական ռեսուրսը: Լեռնային ճանապարհների տրանսպորտային շահագործական հատկանիշների ազդեցության մաթեմատիկական կախվածությունների ամփոփումը հաշվարկային վերլուծական տեսքով կամ դրա մոդելավորումը հնարավորություն կտա ճշգրիտ հաշվարկել ավտոմոբիլի և դրա ագրեգատների շահագործական ռեսուրսը:

### **Նյութեր և մեթոդներ**

Լեռնային պայմաններում շահագործվող ավտոմոբիլների շահագործական հուսալիության վրա ազդող գործոնները շատ բազմազան են և դրանք յուրովի են ազդում ագրեգատների հան-

գույցների, մեքենամասերի մաշի վրա: Եթե առաջին մոտեցումով դիտարկվեն լեռնային ճանապարհների ազդեցությունն ավտոմոբիլի շահագործական հուսալիության գլխավոր հատկանիշներից մեկի՝ ռետուրսի վրա, ապա դրանք կարելի է դասակարգել հետևյալ տեսքով.

1. շարժիչի և տրանսմիսիայի բեռնվածության մեծացում, որն արտահայտվում է վերելք-վայրէջքների հատվածներում ցածր երթևեկության արագությամբ [1],
2. հղկանյութային մաշում, ճանապարհաձածկույթի անհարթություններ, փոշի, խիճ, ավազ և այլն,
3. ջերմային բեռնվածություններ, արգելակների, շարժիչի, տրանսմիսիայի, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի ջերմային տատանումներ,
4. կոռոզիա բարձր խոնավության պայմաններում՝ մետաղական բաց, չպաշտպանված մակերեսների պատճառով:

Շահագործական փաստացի պայմաններում ավտոմոբիլի ռետուրսի գնահատումը և իրացումը հիմնականում կատարվում է տնտեսական բաղադրիչի վերլուծության արդյունքների հիման վրա: Մասնավորապես, եթե ավտոմոբիլի և ագրեգատների ընթացիկ և հիմնական նորոգումների վրա կատարվող ծախսերը հասել են այն մակարդակի, որ շարժակազմի շահագործումից ստացվող շահույթը չի գերազանցում 20...25 %, ապա որպես կարգ ավտոմոբիլն ուղարկվում է հիմնական նորոգման կամ հանվում է շահագործումից, դրանով փակվում է ավտոմոբիլի կենսական ցիկլը և սահմանվում է ամորտիզացիոն ժամկետի ամփոփիչ արժեքը (վազքը):

Ավտոմոբիլների շահագործական ռետուրսի ուսումնասիրությունների գոյություն ունեցող մեթոդները [2-6] հիմնականում կատարվել են փաստացի վիճակագրական տվյալների հետազոտությունների և վերլուծությունների հիման վրա, որոնք սակայն չեն դիտարկել վերը նշված չորս գործոններից յուրաքանչյուրի հստակ ֆունկցիոնալ ազդեցությունն ավտոմոբիլի ռետուրսի փոփոխության վրա: Ներկայումս գործող ավտոմոբիլի տեխնիկական շահագործման դրույթները, որոնք հաստատված են ՀՀ Կառավարության 2006 թ. նոյեմբերի 7-ի որոշմամբ, չափազանց ընդհանրական մոտեցումով կանոնակարգերի մի ամբողջություն է, որի ճշտությունը և օբյեկտիվությունը շատ հեռու է ավտոմոբիլի շահագործական ռետուրսի որոշման իրական լուծումից: Նշված դրույթները [7] կորցրել են իրենց արդիականությունը և անհրաժեշտություն է առաջացել մշակել ավտոմոբիլի շահագործական ռետուրսի ուսումնասիրման, հետազոտման և գնահատման նոր հայեցակարգային մոտեցում, որում հաշվի կառնվեն ստույգ ավտոմոբիլի հստակ շահագործական պայմանների ցուցանիշներն իրենց փաստացի արժեքներով: Նման պնդումը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ ՀՀ-ից դեպի արտերկիր բեռնաշրջանառության 70...75 %-ը կատարվում է մեծ բեռնատարողությամբ ավտոգնացքներով: Որպես օրինակ դիտարկվել է ԿամԱԶ-54907 քարշակը:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ լեռնային ճանապարհներին երթևեկող ավտոմոբիլների և դրանց հանգույցների բեռնվածությունը, համեմատած հարթավայրային ճանապարհների հետ, բավականին մեծանում է, հետևաբար այդ բեռնվածությունների տարբերություններն էա-

կանոթեն նվազեցնում են ավտոմոբիլների ազդեցատների շահագործական ռեսուրսը: Հետագոտությունների մեջ [1-4, 8] չի նշվում, թե որ գործոններն ինչ չափով են ազդում ավտոմոբիլի ռեսուրսի փոփոխության վրա: Նման հետագոտություններն իրականում շատ քիչ են կամ չկան ընդհանրապես:

### Արդյունքներ և քննարկում

Ավտոմոբիլի ռեսուրսի փոփոխության վրա ազդող հիմնական գործոններն անհրաժեշտ է դիտարկել հետևյալ արտահայտության միջոցով [9, 10]՝

$$R = R_o \cdot K_{բարձ.} \cdot K_{ճ.թ.} \cdot K_{ջերմ.} \cdot K_{ծածկ.} \cdot K_{դին.}, \quad (1)$$

որտեղ  $R$ -ն իրական պայմաններում շահագործվող ավտոմոբիլի ռեսուրսն է,  $R_o$  - ն՝ արտադրող գործարանի կողմից տրված ռեսուրսը,  $K_{բարձ.}$ -ը տեղանքի բարձրության ազդեցության գործակիցն է ռեսուրսի վրա,  $K_{ճ.թ.}$ -ն ճանապարհի երկայնական թեքության ազդեցության գործակիցն է ռեսուրսի վրա,  $K_{ջերմ.}$ - ն՝ մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանային տատանումների ազդեցության գործակիցը,  $K_{ծածկ.}$ - ն՝ ռեսուրսի վրա ճանապարհի ծածկույթի ազդեցության գործակիցը,  $K_{դին.}$ -ն՝ վարման ժամանակ ավտոմոբիլի դինամիկայի և ռեսուրսի փոփոխության վրա վարորդի վարման ոճի ազդեցության գործակիցը:

Դիտարկվել է դիֆերենցված տեսքով հիմնավոր գործակիցների փոփոխությունը շահագործման փաստացի պայմանների համար:

1.  $K_{բարձ.}$  -ը տեղանքի տարբեր բարձրության ազդեցությունն է մթնոլորտային շարժիչի հզորության վրա, այն ունի հետևյալ տեսքը [5]՝

$$H_{բարձ.} = 1 - 0,07 \left( \frac{H-500}{1000} \right), \quad (2)$$

որտեղ  $H$  - ը տեղանքի բացարձակ բարձրությունն է:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ ժամանակակից դիզելային, մասամբ նաև բենզինային շարժիչները կահավորված են տուրբոկոմպրեսորներով, և ի տարբերություն մթնոլորտային շարժիչների՝ հզորության կորուստը փոքր է, այն որոշվում է հետևյալ պարզեցված արտահայտությամբ՝

$$N_{տուր.} \approx N_o \left( 1 + \frac{P_k}{P_o} \right) \eta_v, \quad (3)$$

որպես կարգ՝  $P_k = 0,15$ , տուրբինի զարգացրած ճնշումն է,  $P_o = 0,1$ , մթնոլորտային օդի ճնշումն է,  $\eta_v$ -ն՝ ճնշման փոփոխության մոտիվացիոն գործակիցը:

2.  $K_{ճ.թ.}$  - ճանապարհի թեքության ազդեցության գործակիցը մեծացնում է արգելակային համակարգի՝ աշխատանքային արգելակների, ինչպես նաև շարժիչի և տրանսմիսիայի ջերմային բեռնվածությունը, դրանով իսկ նվազեցնում ավտոմոբիլի ռեսուրսը: Այն որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [5]՝

$$K_{ճ.թ.} = \frac{1}{1+0,01 \cdot i}, \quad (4)$$

որտեղ  $i$ -ն ճանապարհի միջին թեքությունն է, %:

3.  $K_{ջերմ.}$ - ն հաճախակի դիտվող ցածր ջերմաստիճանների պատճառով ռեսուրսի նվազումն է, որը որոշված է փորձարարական եղանակով [6].

$$K_{ջերմ.} = \begin{cases} 1, & t_{թե} - 10^{\circ}C \leq T_{սիջ.} \leq +25^{\circ}C, \\ 0,9, & t_{թե} T_{սիջ.} < -10^{\circ}C, \\ 0,95, & t_{թե} T_{սիջ.} > +25^{\circ}C : \end{cases} \quad (5)$$

4.  $K_{ծածկ.}$ - ը ռեսուրսի նվազման վրա ազդող ճանապարհաձածակույթի ազդման գործակիցն է, որը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$K_{ծածկ.} = (1 - 0,2)D, \quad (6)$$

որտեղ  $D$ -ն գտնվում է (0...1) միջակայքում, կախված ճանապարհաձածակույթի որակից [5, 11]: Սակայն ավելի ճիշտ կլինի օգտագործել ճանապարհի անհարթությունների  $IRI$  թիվը, որն ունի ավելի հստակ արժեքներ տարբեր ճանապարհների համար, և այն կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$K_{ծածկ.} = f (IRI): \quad (7)$$

Հաշվարկային բանաձևը ներկայացվում է բնական լոգարիթմի ֆունկցիայի տեսքով [9, 11].

$$K_{ծածկ.} = e^{-b(IRI-IRI_0)}, \quad (8)$$

որտեղ  $IRI_0$ -ն էտալոնային արժեքն է (1 մ/կմ),  $b$ -ն՝ ազդման գործակիցը (լեռնային ճանապարհների համար ընտրվում է 0,05 կմ<sup>5</sup>):

5.  $K_{բեռ.}$ -ն ավտոմոբիլի վարման ժամանակ վարորդի կողմից շարժման դինամիկայի ռեժիմի փոփոխության գործակիցն է և դրա ազդեցությունն ավտոմոբիլի ռեսուրսի վրա:

Փորձնական եղանակով այն որոշված է [5]-ում.

- հավասարաչափ երթևեկություն՝  $K_{բեռ.}=1$ , միջին՝  $K_{բեռ.} = 0,95$  և անհավասարաչափ շարժման դինամիկայի փոփոխության դեպքում՝  $K_{բեռ.} = 0,85$ :

Այսպիսով, ավտոմոբիլի շահագործական ռեսուրսի որոշման մաթեմատիկական մոդելի վերջնական տեսքը կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$R = R_o \cdot N_o \left(1 + \frac{P_k}{P_o}\right) \eta_v \cdot \frac{1}{1+0,1 \cdot i} \cdot K_{ջերմ.} \cdot e^{-b(IRI-IRI_0)} \cdot K_p: \quad (9)$$

Մշակված մոդելի իրական լուծման համար դիտարկվել են հանրապետության ճանապարհներից Երևան-Սևան հատվածում ԿամԱԶ 54907 մակնիշի թամբավոր քարշակի և նշված ճանապարհի ելակետային տվյալները, որոնք ներկայացված են լուծման ընթացքին զուգահեռ՝

$$R = 300 \cdot \left\{1 - 0,07 \frac{H-500}{1000}\right\} \cdot \frac{1}{1+0,1 \cdot i} \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,2D)0,95, \quad (10)$$

որտեղ  $H=1500$  մ,  $i=7$  %,  $K_{ջերմ.}=0,9$ ,  $K_p = 0,5$ :

Լուծելով հավասարումը, կստացվի՝

$$R = 300\ 000 \cdot 0,88 \cdot 0,925 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,95. = 204\ 151 \text{ կմ:}$$

Նշանակում է ԿամԱԶ 54907 մակնիշի թամբավոր քարշակի շահագործական ռեսուրսը ՀՀ լեռնային ճանապարհներին շահագործելու ժամանակ կազմում է 204 151 կմ:

### Եզրակացություն

Ստացված նորմատիվ արժեքը երաշխավորվում է օգտագործել.

- ավտոքարշակի շահագործման ամորտիզացիոն ժամկետի որոշման ժամանակ (հատկացումների նորմ),
- տեխնիկական սպասարկումների և հիմնական նորոգման ժամկետների որոշման ժամանակ,
- ավտոքարշակի շահագործումից դուրս բերելու հարցի որոշման ժամանակ:

Շահագործական ռեսուրսի վրա ազդող 5 գործոններից յուրաքանչյուրի ազդման տեսակարար կշռի քանակական արժեքի որոշումը կարող է այն դարձնել կառավարելի և ոչ ռիսկային:

### Գրականության ցանկ

- [1] **Б.В. Гольд**, Прочность и долговечность автомобиля, Транспорт, Москва, 2010, 328 с.
- [2] **В.М. Арутюнян** и др., Влияние дорожно-эксплуатационных показателей на ресурс подвески автомобиля, Инфинити, Москва, 2025, 114-123 с.
- [3] **Е.С. Кузнецов**, Техническая эксплуатация автомобилей, Транспорт, Москва, 2019, 232 с.
- [4] **Ф.Н. Авдонькин**, Теория технической эксплуатации автомобиля, Транспорт, Москва, 2002, 253 с.
- [5] Switch Vehicle Durability in Extreme Conditions, Journal of Automotive Engineering, 2021.
- [6] **М.В. Архангельский** и др., Автомобильные двигатели, Машиностроение, Москва, 1977, 591 с.
- [7] Ավտոտրանսպորտային միջոցների տեխնիկական սպասարկման և ընթացիկ նորոգման մասին ՀՀ կառավարության 2006թ նոյեմբերի 7-ի որոշում:
- [8] **А.В. Иванов**, Методы оценки технического состояния автомобилей, Москва, Транспорт, 2020, 231 с.
- [9] **G. Genta, L. Morello**, The Automotive Chassis: Vol. 2: System Design. Springer, 2009, 832 p.
- [10] **A. Pazooki, S. Rakheja, D. Cao**, Modeling and validation of off-road vehicle ride dynamics, Mechanical Systems and Signal Processing 28 (2012) 679–695.
- [11] **G. Genta, L. Morello**, The Automotive Chassis: Vol. 2: System Design. Springer, 2020, 962 p.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА АВТОМОБИЛЯ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ

**Валерик Мамиконович Арутюнян\***, Анна Айрапетовна Айрапетян,

**Анаит Вардгесовна Арутюнян**

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

*\*vmh-1961@mail.ru*

*Рассматривается формирование интегральной модели факторов, влияющих на снижение эксплуатационного ресурса автомобиля на горных дорогах, в зависимости от подъёмов и спусков дорог, температуры окружающей среды, перегрузок, качества дорожного покрытия и других факторов. Разработанная математическая модель позволяет определить сроки эксплуатации, технического обслуживания и капитального ремонта автотранспортных средств, эксплуатируемых*

в горных условиях, а также удельный вес влияния каждого из факторов, воздействующих на эксплуатационный ресурс.

**Ключевые слова:** ресурс автомобиля, горная дорога, математическая модель, прогнозирование, износ

## DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR A VEHICLE OPERATING RESOURCE ON MOUNTAIN ROADS

**Valerik Harutyunyan\***, Anna Hayrapetyan, Anahit Harutyunyan

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

\*vmh-1961@mail.ru

The given article considers the formation of an integral model of factors affecting the reduction of the vehicle operating resource on mountain roads, based on road ascents and descents, ambient temperature, overloads, road surface quality and other factors. The developed mathematical model makes it possible to determine the terms of operation, technical maintenance and major repairs of vehicles operating in mountainous conditions, as well as the specific weight of the impact of each factor affecting the operating resource.

**Keywords:** vehicle resource, mountain road, mathematical model, forecast, wear

**Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@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

**Արությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, կ.տ.հ., ծոցենտ** (ՊԱ, շ.Երևան) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Այրաпетյան Աննա Այրաпетовնա** (ՊԱ, շ. Երևան) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, преподаватель (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Արությունյան Անահիտ Վարդգեսովնա** (ՊԱ, շ.Երևան) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, преподаватель, (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

**Harutyunyan Valerik, doctor of philosophy (PhD) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@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՝ 22.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 28.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.