

**ԱՍՖԱԼՏԲԵՏՈՆԵ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐԻ ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄ ԲԱԶԱԼՏԵ ԹԵԼԻԿՆԵՐԻ  
ԵՎ ՑԵՄԵՆՏԻ ՀԱՎԵԼՈՒՄՈՎ**

**Խաչիկ Միմոնի Չքոլյան**

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ  
xachik.chqolyan@mail.ru*

Հետազոտական աշխատանքում ներկայացվում է բազալտե թելիկների և ցեմենտի համակցված ազդեցությունն ասֆալտբետոնե խառնուրդների ամրության, ճաքակայունության և ընդհանուր կայունության բնութագրերի վրա՝ լաբորատոր վերահսկվող պայմաններում: Փորձարկումների ընթացքում օգտագործվել են տեղական հումքից ստացված բազալտե թելիկներ, որոնք ստացվել են Հայաստանի Հանրապետության տարածքում առկա բնական բազալտից: Խառնուրդների պատրաստման ժամանակ ասֆալտբետոնային բաղադրության մեջ ավելացվել են 20 մմ երկարությամբ և 0,4 % չափաբաժնով բազալտե թելիկներ, ինչպես նաև 4 % ցեմենտ: Այս մոտեցումը ոչ միայն հնարավորություն է տալիս կիրառել տեղական ռեսուրսները՝ բարձր արժեք ունեցող շինարարական նյութերի արտադրության մեջ, այլ նաև ապահովում է ասֆալտբետոնե խառնուրդների ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների նկատելի բարելավում: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ տեղական բազալտից ստացված թելիկների և ցեմենտի համատեղ կիրառումը զգալիորեն ուժեղացնում է խառնուրդի ամրությունն ու ճաքակայունությունը՝ ապահովելով բարձր դիմադրություն և երկարաժամկետ կայունություն ճանապարհային ծածկերի շահագործման ընթացքում:

**Բանալի բառեր.** ասֆալտբետոն, բազալտե թելիկներ, ցեմենտ, ֆիզիկամեխանիկական հատկություններ, հավելանյութեր

**Ներածություն**

Ժամանակակից ճանապարհաշինության ոլորտում, որտեղ երթևեկության ծանրաբեռնվածության և բնապահպանական պահանջների մակարդակն անընդհատ աճում է, հետազոտողները և մասնագետները ձգտում են գտնել նորարարական, ծախսարդյունավետ և էկոլոգիապես կայուն նյութեր, որոնք կարող են բավարարել այդ խիստ պայմանները: Այդպիսի նյութերից մեկը, որն առանձնանում է իր յուրահատուկ հատկություններով, բազալտե մանրաթելն է, որն աստիճանաբար դառնում է ճանապարհաշինության մեջ կիրառվող կարևոր բաղադրիչ: Բազալտե մանրաթելն առանձնանում է իր բարձր մեխանիկական ամրությամբ, որը թույլ է տալիս դիմակայել մեծ բեռնվածություններին, ցածր ջրակլանմամբ, ինչը նվազեցնում է խոնավության հետևանքով առաջացող վնասները, և կայուն քիմիական հատկություններով, որոնք ապահովում են երկարաժամկետ դիմացկունություն [1]:

Այս նյութը կարևոր դեր է խաղում բիտումի ներթափանցման կանխարգելման գործում, ինչը հատկապես կարևոր է այն ասֆալտային խառնուրդների համար, որոնք պարունակում են բարձր բիտումային բաղադրիչներ: Բիտումի ներթափանցման կանխարգելումը նպաստում է ճանապարհային ծածկույթի ամրության և կայունության բարձրացմանը [2]: Բացի այդ, բազալտե մանրաթելի ավելացումը մեծապես բարձրացնում է ասֆալտային խառնուրդների մածուցիկությունը, ինչը նպաստում է նյութի ռելոգիական հատկությունների բարելավմանը: Այս բարելավումը հանգեցնում է ճանապարհային ծածկույթի ավելի լավ դիմադրության մշտական դեֆորմացիաներին, ինչպիսիք են ճանապարհի մակերևույթի խորքային փոփոխությունները կամ ճաքերի առաջացումը: Հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տվել, որ բազալտե մանրաթելով ամրացված ասֆալտային խառնուրդներն ունեն բարձր դիմադրություն ճաքերի նկատմամբ, ինչն էական նշանակություն ունի ճանապարհի երկարաժամկետ կայունության և ամրության ապահովման համար [3]:

Բացի վերոնշյալ առավելություններից, բազալտե մանրաթելն ապահովում է նաև ջերմային կայունություն, ինչը նշանակում է, որ այն կարող է դիմակայել ջերմաստիճանային ծայրահեղ տատանումներին առանց կառուցվածքային վնասների: Դրա ցածր ջերմային ընդարձակման գործակիցը նվազեցնում է ջերմաստիճանային փոփոխությունների հետևանքով առաջացող ճանապարհային ծածկույթի վնասումը, օրինակ՝ ճաքերի կամ դեֆորմացիաների ձևով [4]: Այս հատկությունները բազալտե մանրաթելը դարձնում են իդեալական նյութ ճանապարհաշինության համար, հատկապես այնպիսի տարածաշրջաններում, որտեղ ջերմաստիճանային տատանումները մեծ են:

Բազալտե մանրաթելի օգտագործումը ոչ միայն բարելավում է ճանապարհների որակը, այլև նպաստում է ծախսերի օպտիմալացմանը՝ նվազեցնելով պահպանման և վերանորոգման ծախսերը, ինչպես նաև խթանում է բնապահպանական կայունությունը՝ համապատասխանեցնելով ճանապարհաշինությունը ժամանակակից էկոլոգիական պահանջներին [5]:

## **Նյութեր և մեթոդներ**

### **Բազալտե թելիկների հատկությունները և արտադրությունը**

Վերջին մի քանի տասնամյակների ընթացքում բազալտե մանրաթելերը դիտարկվել են որպես կոմպոզիտային նյութերի ամրացման միջոց: Բազալտը տարածված հրաբխային ապար է, որը կարելի է գտնել աշխարհի տարբեր մասերում: Բազալտե թելիկներն արտադրվում են բնական բազալտի հալեցումից 1300...1700 °C ջերմաստիճանում, որին հաջորդում է թելերի ձգումը բարձր արագությամբ պտտվող գլանների միջոցով: Բազալտի քիմիական կազմը ներառում է՝  $SiO_2$  (45...55 %),  $Al_2O_3$  (15...20 %),  $Fe_2O_3$  (5...15%),  $CaO$  (5...10 %) և այլ օքսիդներ, որոնք ապահովում են բարձր կայունություն [6-8]:

- **Առաձգականություն:** 3000...4000  $U\%$ , 20...30 % ավելի բարձր, քան ապակե թելիկներինը (2500...3000  $U\%$ ) և պողպատինը (3500...4500  $U\%$ ):

- **Առաձգականության մոդուլ:** 85...100 *ԳՊա*, ապահովում է կոշտություն, որը կանխում է դեֆորմացիան ծանր բեռների դեպքում:
- **Խտություն:** 2,6...2,8 *գ/սմ<sup>3</sup>*, 3 անգամ ավելի թեթև, քան պողպատը (7,8 *գ/սմ<sup>3</sup>*), ինչը հեշտացնում է տեղափոխումը և կիրառումը:
- **Ջերմակայունություն:** Դիմակայում է մինչև 700 °C ջերմաստիճանի՝ առանց կառուցվածքի փոփոխության, ի տարբերություն սինթետիկ թելիկների, որոնք հալվում են 200...300 °C-ում:
- **Կոռոզիոն կայունություն:** Քիմիապես կայուն է ալկալային (*pH* 12...14) և թթվային (*pH* 2...4) միջավայրերում, ի տարբերություն պողպատի, որը ենթակա է ժանգոտման [9-12]:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ բազալտե մանրաթելերի կիրառումը զգալիորեն բարձրացնում է ասֆալտբետոնե խառնուրդների ճաքակայունության մակարդակը և ընդհանուր ամրությունը: Իրականացված գիտական փորձերի և վերլուծությունների արդյունքները բացահայտում են, որ 0,4 % չափաբաժինը համարվում է ամենահարմար և օպտիմալ քանակություն ասֆալտբետոնե խառնուրդների համար՝ ապահովելու առավելագույն արդյունավետություն և կայունություն [13-15]:

**Ցեմենտ**

Ցեմենտը (սովորաբար Պորտլանդ ցեմենտ) օգտագործվում է FDR-ում որպես կապակցող նյութ՝ բարձրացնելով խառնուրդի կոշտությունն ու կրողունակությունը: Ցեմենտի քիմիական կազմը ներառում է *CaO* (60...65 %), *SiO<sub>2</sub>* (20...25 %), *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* (5...7 %) և *Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* (2...4 %):

- Սեղմման ամրություն՝ 5...10 *ՄՊա* :
- Կոշտություն՝ 10...15 *ԳՊա* [16]:

**Արդյունքներ և քննարկում**

Հետազոտությունն իրականացվել է լաբորատոր պայմաններում՝ օգտագործելով վերափշակման գործընթացի միջոցով ստացված և աղացած ասֆալտբետոնե նյութ: Այս նյութը ծառայել է որպես հիմնական բաղադրիչ, որի վրա կատարվել են փոփոխություններ՝ տարբեր հավելանյութերի ներմուծմամբ (նկ. 1):



*Նկ. 1. Աղացած ասֆալտբետոն*

Նյութի ընդհանուր զանգվածի 4 % -ի չափով ավելացվել է ցեմենտ՝ նպատակ ունենալով բարձրացնել նյութի կապակցող հատկությունները և ամրությունը:

Հետազոտության ընթացքում պատրաստվել են երկու տեսակի նմուշներ: Առաջին խմբում (երեք նմուշ, որի ընդհանուր քաշը 5400 գ է) (նկ. 2) նյութի զանգվածի 0,4 % -ի չափով 20 մմ երկարությամբ ավելացվել են բազալտե թելիկներ (նկ. 3):



**Նկ. 2. Աղացած ասֆալտբետոն ցեմենտով**



**Նկ. 3. Բազալտե թելիկներ**

Երկրորդ խմբի երեք նմուշներում օգտագործվել է միայն ցեմենտ՝ առանց բազալտե թելիկների: Բոլոր նմուշներին ավելացվել է ջուր՝ նյութի ընդհանուր զանգվածի 2 % -ի չափով, ինչը նպաստել է խառնուրդի միատարրության ապահովմանը և խոնավացման գործընթացին (նկ. 4):



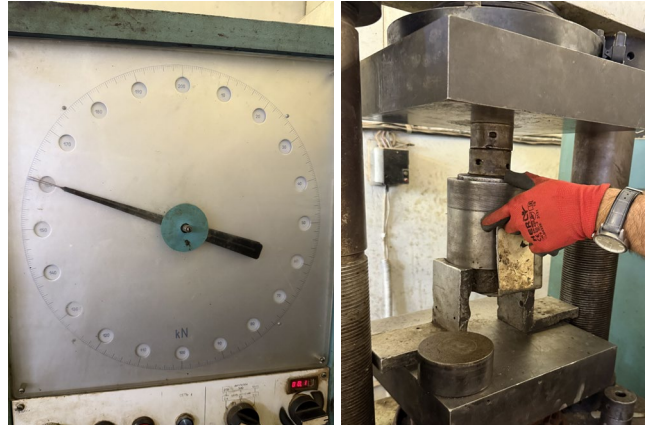
**Նկ. 4. Աղացած ասֆալտբետոնի մեջ ցեմենտի և բազալտե թելիկների խառնում և ջրում**

Նմուշների պատրաստման համար օգտագործվել են գլանաձև կաղապարներ, ինչի արդյունքում ստացվել են 10 սմ բարձրությամբ և 10 սմ տրամագծով նմուշներ: Խառնուրդը մանրակրկիտ խառնվել է՝ ապահովելու բաղադրիչների հավասարաչափ բաշխումը: Այնուհետև նյութը տեղադրվել է կաղապարներում՝ աստիճանաբար խտացնելով, որպեսզի խուսափվի խոռոչների առաջացումը և ապահովվի նյութի միատեսակ խտությունը (նկ. 5):



*Նկ. 5. Աղացած ասֆալտրետտոնի խտացման աշխատանքներ*

Խտացման գործընթացն իրականացվել է 160 կՆ ճնշման ազդեցությամբ՝ 3 րոպե տևողությամբ: Այս պայմաններն ընտրվել են՝ ելնելով ճանապարհաշինական նյութերի ստանդարտ փորձարկման պահանջներից (նկ. 6):



*Նկ. 6. Աղացած ասֆալտրետտոնի խտացում*

Պատրաստված գլանաձև նմուշները պահպանվել են 7 օր՝ խստորեն վերահսկվող ջերմաստիճանային պայմաններում, ինչը թույլ է տվել ապահովել ցեմենտի կապակցման գործընթացի օպտիմալ ընթացքը (նկ. 7):



*Նկ. 7. Լաբորատոր պայմաններում ստացված նմուշ*

Պահպանման ժամանակահատվածի ավարտից հետո նմուշները մանրակրկիտ կերպով ենթարկվել են սեղմման փորձարկման՝ նյութի սեղմման դիմացկունության և ամրության հատկությունները ճշգրիտ գնահատելու նպատակով: Նախքան սեղմման փորձարկումն իրականացնելը յուրաքանչյուր նմուշ, որը պահվել էր խստորեն վերահսկվող հատուկ պայմաններում, կշռվել է ճշգրիտ կշեռքի միջոցով՝ տվյալները գրանցելու համար: Այնուհետև նմուշները տեղադրվել են սեղմման փորձարկման համար նախատեսված սարքավորման մեջ (նկ. 8):



Նկ. 8. Նմուշի սեղմում

Փորձարկման նպատակով պատրաստվել է ընդհանուր առմամբ 6 նմուշ, որոնցից երեքի կազմում օգտագործվել են բազալտե թելիկներ և ցեմենտ որպես հավելանյութ, մինչդեռ մյուս երեք նմուշների մեջ որպես հավելանյութ օգտագործվել է միայն ցեմենտ: Փորձարկումների արդյունքները ներկայացված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Բազալտե թելիկների և ցեմենտի ազդեցությունը նմուշների սեղմման ամրության վրա

№	Անվանում	Զանգված, գ	Սեղմման ամրություն, ՄՊա
1	Ցեմենտով պատրաստված 1-ին նմուշ	1771	3,50
2	Ցեմենտով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1779	3,55
3	Ցեմենտով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1767	3,51
4	Ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված 1-ին նմուշ	1780	4,20
5	Ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1767	4,01
6	Ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1794	3,99

Ցեմենտով պատրաստված նմուշների սեղմման միջին ամրությունը հավասար է 3,52 ՄՊա, իսկ ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված նմուշների սեղմման միջին ամրությունը՝ 4,09 ՄՊա:

Տեխնիկական պայմանները և փորձարարական մեթոդներն իրականացված են ըստ Հայաստանի Հանրապետությունում գործող նորմերի՝ ԳՕՍՍ 9128-2013, ԳՕՍՍ 12801-98, ՀՀՇՆ 32-01-2022 և ՇՊ 78.13330.2012:

### Եզրակացություն

Բազալտե թելիկների կիրառումն ասֆալտբետոնե խառնուրդներում էականորեն բարելավում է նյութի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը՝ ներառյալ սեղմման ամրության բարձրացումը, ճաքակայունության մեծացումը և ընդհանուր դիմացկունության բարելավումը: Իրականացված փորձարկումները հաստատել են, որ 0,4 % բազալտե թելիկների՝ 20 մմ երկարությամբ, և 4 % ցեմենտի համադրումն ասֆալտբետոնի հետ ապահովում է ավելի օպտիմալ արդյունքներ, որի սեղմման միջին ամրությունը հավասար է՝ 4,09 ՄՊա, քան երբ օգտագործվում է միայն 4 % ցեմենտ: Այս համամասնությունները թույլ են տալիս ստանալ առավել արդյունավետ խառնուրդ, որը զգալիորեն գերազանցում է ավանդական ասֆալտբետոնե ծածկույթների ցուցանիշները: Այս արդյունքները կարևոր նշանակություն ունեն Հայաստանի Հանրապետության ճանապարհաշինության ոլորտի համար, քանի որ դրանք հնարավորություն են ընձեռում կառուցել ավելի ամուր, երկարակյաց և ծանրաբեռնված պայմաններին դիմակայող ճանապարհային ծածկույթներ: Նման նյութերի կիրառումը նպաստում է ճանապարհների շահագործման ժամկետի երկարաձգմանը և սպասարկման ծախսերի կրճատմանը՝ ապահովելով տնտեսական և տեխնիկական առավելություններ:

### Գրականության ցանկ

- [1] **N. Morova**, Investigation of usability of basalt fibers in hot mix asphalt concrete, *Construction and Building Materials* 47 (2013) 175–180,
- [2] **E.R. Brown, L.A. Cooley**, Designing Stone Matrix Asphalt Mixtures for Rut-Resistant Pavements, National Cooperative Highway Research Program, Washington, DC, USA, Rep. NCHRP 425, 1999.
- [3] **S. Wu, Q. Ye, N. Li**, Investigation of rheological and fatigue properties of asphalt mixtures containing polyester fibers, *Construction and Building Materials* 22(10) (2008) 2111–2115.
- [4] **K. Liu, W.H. Zhang, F. Wang**, Research on Cryogenic Properties of Different Fiber Asphalts and Mixtures, *Advanced Materials Research* 146–147 (2011) 238–242.
- [5] **Z.H. Liu, C.Y. Chen, R.J. Qin, X.T. Zou**, Research to Performance of Basalt Fibre Strengthened SBS Modified Asphalt Mixture, *Advanced Materials Research* 446–449 (2012) 191–195.
- [6] **Q. Liu, M.T. Shaw, R.S. Parnas**, Investigation of Basalt Fiber Composite Mechanical Properties for Applications in Transportation, *Polym. Compos.* 27 (2006) 41–48.
- [7] **T. Czirány**, Discontinuous Basalt Fiber-reinforced Hybrid Polymer Composites, in: K.Friedrich (Ed.), *Polymer Composites: From Nano to Macro-scale*, Springer Verlag, München, Germany, 2005, pp. 309–328.

- [8] **T. Czigány**, Trends in Fiber Reinforcements – the Future Belongs to Basalt Fiber, Express Polym. Lett. 1 (2007) 59.
- [9] **A. Dorigato, A. Pegoretti**, Fatigue resistance of basalt fibers-reinforced laminates. J Compos Mater 46 (15) (2012) 1773-1785.
- [10] **T. De'ak, T. Czig'any**, Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers: A comparison. Text Res J 79 (7) (2009) 645–651.
- [11] **V.V. Gur'ev, E.I. Neproshin, G.E. Mostovoi**, The effect of basalt fiber production technology on mechanical properties of fiber. Glass Ceram 58(1-2) (2001) 62-65.
- [12] **V. Dhand, G. Mittal, K.Y. Rhee, S.J. Park, D. Hui**, A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. Compos Part B Eng 73 (2015) 166-180.
- [13] **K. Singha**, A short review on basalt fiber. Int J Text Sci 1 (4) (2012) 19-28.
- [14] **Xin Yan, Ronghua Ying, Jian Jin and Yuntai Zhang**, Study on Cracking Resistance of Basalt Fiber-Reinforced Microbond Asphalt Macadam. Advances in Civil Engineering. Volume 2021, Article ID 6647766, 9 pages, <https://doi.org/10.1155/2021/6647766>.
- [15] **Altan Cetin, Burak Evirgen, Asena Karslioglu, Ahmet Tuncan**, The Effect of Basalt Fiber on the Performance of Stone Mastic Asphalt. Periodica Polytechnica Civil Engineering 65(1) (2021) 299-308,
- [16] **S.P. Dunuweera, R.M.G. Rajapakse**, Cement Types, Composition, Uses and Advantages of Nanocement, Environmental Impact on Cement Production, and Possible Solutions. Advances in Materials Science and Engineering (Wiley Online Library), 2018-04-04.

## УЛУЧШЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН И ЦЕМЕНТА

**Хачик Симонович Чколян**

*Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА*  
*xachik.chqolyan@mail.ru*

*В исследовательской работе представлено совместное влияние базальтовых волокон и цемента на показатели прочности, трещиностойкости и общей стабильности асфальтобетонных смесей в контролируемых лабораторных условиях. В ходе экспериментов использовались базальтовые волокна, полученные из местного сырья — природного базальта, добываемого на территории Республики Армения. При приготовлении асфальтобетонных смесей в их состав добавлялись базальтовые волокна длиной 20 мм в количестве 0,4 % и цемент в дозировке 4 %. Такой подход не только способствует эффективному использованию местных ресурсов при производстве строительных материалов с высокой добавленной стоимостью, но и обеспечивает заметное улучшение физико-механических характеристик асфальтобетонных смесей. Полученные результаты показали, что совместное применение цемента и базальтовых волокон местного происхождения значительно повышает прочность и трещиностойкость смеси, обеспечивая высокую долговечность и эксплуатационную устойчивость дорожных покрытий.*

**Ключевые слова:** *асфальтобетон, базальтовые волокна, цемент, физико-механические свойства, добавки*

## IMPROVEMENT OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES THROUGH THE ADDITION OF BASALT FIBERS AND CEMENT

**Khachik Chkolyan**

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

*xachik.chqolyan@mail.ru*

*The research presents the combined effect of basalt fibers and cement on the strength, crack resistance, and overall stability characteristics of asphalt concrete mixtures under controlled laboratory conditions. During the experiments, basalt fibers derived from locally sourced raw materials—natural basalt found within the territory of the Republic of Armenia—were utilized. In the preparation of the asphalt concrete mixtures, 20-millimeter-long basalt fibers at a dosage of 0,4 % and 4,0 % cement were added to the asphalt composition. This approach not only enables the use of local resources in the production of high-value construction materials but also ensures a significant improvement in the physico-mechanical properties of asphalt concrete mixtures. The obtained results demonstrated that the combined use of locally produced basalt fibers and cement considerably enhances the mixture’s strength and crack resistance, ensuring the high durability and long-term stability of road pavements during operation.*

**Keywords:** *Asphalt concrete, basalt fibers, cement, physicommechanical properties, additives*

**Չրոյան Խաչիկ Միմոնի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ճանապարհների և կամուրջների ամբիոն, ասպիրանտ, «ՀԱԼԴԻ Քոնսալթ» ՍՊԸ, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

**Чколян Хачик Симонович** (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра Дорог и мостов, аспирант, ООО “ХАЛДИ Консалт”, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

**Chkolyan Khachik** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Roads and Bridges, PhD student, HALDI Consult LLC, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 25.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 08.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.