



**IKKILAMCHI POLIMER XOMASHYOLARI ASOSIDA  
MODIFIKATSIYALANGAN BITUM KOMPOZITSIYALARINI  
OLISHNING ILMIY-TEXNOLOGIK ASOSLARI**

*Ozodov Sanjarbek Mansurbek O'g'li*

*Toshkent davlat texnika universiteti magistranti,*

*O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri*

*Jurayev Vays Narzullayevich*

*Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti,*

*O'zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri*

**Annotatsiya**

Ushbu maqolada ikkilamchi polimer xomashyolari asosida modifikatsiyalangan bitum kompozitsiyalarini olishning ilmiy-texnologik asoslari yoritilgan. An'anaviy neft bitumlari yuqori haroratda yumshash, past haroratda mo'rtlashish, transport yuklamalari ta'sirida plastik deformatsiyalanish va vaqt o'tishi bilan qarish jarayonlariga moyilligi sababli asfalt-beton qoplamalarining uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligini ta'minlashda ma'lum cheklovlarga ega. Shu nuqtayi nazardan, ikkilamchi polietilen, polipropilen, polietilentereftalat va rezina-polimer chiqindilarini bitum tarkibiga modifikator sifatida kiritish dolzarb ilmiy-amaliy yo'nalish hisoblanadi. Maqolada ikkilamchi polimerlarni tayyorlash, maydalash, bitum bilan aralashtirish, gomogenlashtirish, fazalararo moslashuvchanlikni ta'minlash hamda tayyor polimer-bitum bog'lovchining ekspluatatsion xossalarini baholash masalalari tahlil qilingan.

*Kalit so'zlar:* ikkilamchi polimer xomashyosi, modifikatsiyalangan bitum, polimer-bitum kompozitsiyasi, polietilen, polipropilen, PET chiqindisi, asfalt-beton, ekspluatatsion barqarorlik.



### *Аннотация*

В данной статье рассмотрены научно-технологические основы получения модифицированных битумных композиций на основе вторичного полимерного сырья. Традиционные нефтяные битумы имеют определённые ограничения при обеспечении длительной эксплуатационной устойчивости асфальтобетонных покрытий, поскольку они склонны к размягчению при высоких температурах, хрупкости при низких температурах, пластической деформации под воздействием транспортных нагрузок и старению с течением времени. В связи с этим введение вторичного полиэтилена, полипропилена, полиэтилентерефталата и резинопolyмерных отходов в состав битума в качестве модификаторов является актуальным научно-практическим направлением. В статье проанализированы вопросы подготовки, измельчения, смешения вторичных полимеров с битумом, гомогенизации, обеспечения межфазной совместимости, а также оценки эксплуатационных свойств готового полимерно-битумного вяжущего.

*Ключевые слова:* вторичное полимерное сырьё, модифицированный битум, полимерно-битумная композиция, полиэтилен, полипропилен, ПЭТ-отходы, асфальтобетон, эксплуатационная устойчивость.

### *Kirish*

Avtomobil yo‘llarining xizmat muddati ko‘p jihatdan asfalt-beton qoplamasida qo‘llaniladigan bitum bog‘lovchining sifatiga bog‘liq. Bitum mineral materiallarni yagona kompozitsion tizimga birlashtiruvchi asosiy komponent bo‘lib, qoplamaning suvga chidamliligi, deformatsion barqarorligi, haroratga moslashuvchanligi va charchoq mustahkamligini belgilaydi. Biroq an’anaviy neft bitumlari yuqori transport yuklamalari, iqlimiy omillar va oksidlanish jarayonlari ta’sirida dastlabki xossalarni asta-sekin yo‘qotadi.



Yo‘l qoplamalarida uchraydigan asosiy nuqsonlar — g‘ildirak izi hosil bo‘lishi, termik yorilish, charchoq yorilishlari, namlik ta’sirida qatlam ajralishi hamda qoplama yuzasining yemirilishi — bog‘lovchi materialning reologik va adgezion xossalari bilan bevosita bog‘liq. Shuning uchun bitumni modifikatsiyalash orqali uning yuqori haroratdagi barqarorligi, past haroratdagi elastikligi va uzoq muddatli ishlash qobiliyatini oshirish zarur.

So‘nggi yillarda bitunning ekspluatatsion xossalarini yaxshilashda polimer modifikatorlardan foydalanish muhim ilmiy-amaliy yo‘nalishga aylandi. Polimerlar bitum tarkibida tarmoqlangan yoki dispers fazali strukturani shakllantirib, bog‘lovchining elastik-plastik xossalarini o‘zgartiradi. Shu bilan birga, birlamchi polimerlar narxining yuqoriligi ishlab chiqarish tannarxini oshiradi. Shu sababli ikkilamchi polimer xomashyolaridan, xususan polietilen, polipropilen, PET va rezina-polimer chiqindilaridan foydalanish ekologik hamda iqtisodiy jihatdan maqbul yechim hisoblanadi.

#### *Tadqiqotning maqsadi va vazifalari*

Tadqiqotning asosiy maqsadi ikkilamchi polimer xomashyolari asosida modifikatsiyalangan bitum kompozitsiyalarini olishning ilmiy-texnologik asoslarini ishlab chiqish hamda bunday kompozitsiyalarning asfalt-beton qoplamalari ekspluatatsion barqarorligiga ta’sirini ilmiy jihatdan asoslashdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- ikkilamchi polimer xomashyolarining bitum modifikatori sifatidagi imkoniyatlarini tahlil qilish;
- polimer chiqindilarni saralash, tozalash, quritish va maydalashning texnologik bosqichlarini asoslash;
- bitum-polimer aralashmalarida fazalararo moslashuvchanlikni ta’minlash mexanizmlarini aniqlash;



- modifikatsiyalangan bitumning penetratsiya, yumshash harorati, qovushqoqlik, elastiklik va saqlash barqarorligi kabi ko‘rsatkichlarini baholash;
- asfalt-beton qoplamalarida deformatsiyaga, namlikka va harorat o‘zgarishlariga chidamlilikni oshirish mexanizmlarini ilmiy asoslash.

#### *Ikkilamchi polimer xomashyolarining ilmiy-amaliy ahamiyati*

Ikkilamchi polimer xomashyolari deganda ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘lgan texnologik qoldiqlar, iste‘moldan keyingi plastmassa mahsulotlari, qadoqlash materiallari, polimer plyonkalar, plastik idishlar, PET butilkalar, polipropilen tolalar va rezina-polimer chiqindilari tushuniladi. Ular tarkibi, molekulyar massasi, erish harorati, qattiqligi va bitum bilan moslashuvchanligiga ko‘ra bir-biridan farqlanadi.

Polietilen chiqindilari bitumning yuqori haroratdagi qattiqligini oshirishga, polipropilen chiqindilari deformatsiyaga chidamlilikni kuchaytirishga, PET chiqindilari esa issiqlik barqarorligi va strukturaviy mustahkamlikni yaxshilashga xizmat qilishi mumkin. Rezina-polimer chiqindilari, ayniqsa ishlatilgan avtomobil shinalaridan olinadigan rezina kukuni, bitumning elastikligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Bunday modifikatorlar qoplamada mikrodeformatsiyalarning qisman tiklanishiga yordam beradi va charchoq yorilishlariga qarshilikni kuchaytiradi.

Ikkilamchi polimerlardan foydalanishning yana bir muhim jihati chiqindilarni qayta ishlash orqali ekologik yuklamani kamaytirishdir. Polimer chiqindilarining uzoq vaqt parchalanmasligi ularni atrof-muhit uchun xavfli manbaga aylantiradi. Ularni yo‘l qurilishi materiallari tarkibida qo‘llash esa chiqindilarni foydali texnik resursga aylantirish imkonini beradi.

#### *Modifikatsiyalangan bitum kompozitsiyasini olish texnologiyasi*



Ikkilamchi polimer xomashyolari asosida bitum kompozitsiyalarini olish bir necha ketma-ket texnologik bosqichlarda amalga oshiriladi. Dastlab polimer chiqindilar saralanadi, mexanik aralashmalardan tozalanadi, yuviladi va quritiladi. Keyingi bosqichda chiqindilar maydalanib, zarracha o'lchami bitum bilan aralashishga mos holatga keltiriladi. Zarrachalarning mayda bo'lishi polimerning bitum muhitida bir tekis tarqalishini osonlashtiradi va fazalararo kontakt yuzasini oshiradi.

Bitum odatda 160–180 °C haroratda suyuq holatga keltiriladi. Shundan so'ng unga tayyorlangan polimer modifikator bosqichma-bosqich kiritiladi. Aralashtirish jarayoni davomida polimer zarrachalari bitumning malten fraksiyasi bilan ta'sirlashadi, qisman shishadi yoki eriydi hamda kompozitsion tizimning reologik xossalarini o'zgartiradi. Jarayonda aralashtirish harorati, davomiyligi, modifikator miqdori va zarracha o'lchami tayyor bog'lovchi sifatini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi.

Polimer chiqindilar bitumga asosan ikki usulda kiritiladi: ho'l usul va quruq usul. Ho'l usulda polimer avval bitum bilan aralashtirilib, polimer-bitum bog'lovchi olinadi. Bu yondashuv bog'lovchi xossalarini oldindan nazorat qilish imkonini beradi. Quruq usulda esa polimer chiqindi asfalt aralashmasiga mineral materiallar bilan birga kiritiladi. Ushbu usul texnologik jihatdan sodda bo'lsa-da, polimerning aralashmada bir tekis taqsimlanishini ta'minlash murakkabroq bo'lishi mumkin.

Texnologik jarayonning tavsiya etiladigan ketma-ketligi quyidagicha ifodalanadi:

- ikkilamchi polimer chiqindilarni yig'ish va saralash;
- mexanik iflosliklardan tozalanish, yuvish va quritish;
- polimer chiqindilarni maydalash va fraksiyalash;



- bitumni qizdirish va suyuq holatga keltirish;
- polimer modifikatorni bosqichma-bosqich kiritish;
- yuqori tezlikda aralashtirish va gomogenlashtirish;
- kompozitsiyani stabilizatsiya qilish va sifat ko'rsatkichlarini baholash.

#### *Fazalararo moslashuvchanlik va saqlash barqarorligi*

Polimer-bitum kompozitsiyalarining sifatini belgilovchi eng muhim omillardan biri fazalararo moslashuvchanlikdir. Bitum murakkab kolloid-dispers tizim bo'lib, asfaltenlar, smolalar, aromatik va to'yingan uglevodorodlardan tashkil topadi. Polimer modifikator esa alohida makromolekulyar faza sifatida namoyon bo'ladi. Agar polimer bitum bilan yetarli darajada moslashmasa, saqlash vaqtida fazaviy ajralish, cho'kish yoki qavatlanish yuzaga kelishi mumkin.

Fazaviy barqarorlikni ta'minlash uchun bir necha texnologik yondashuvlar qo'llaniladi. Birinchidan, polimer zarrachalarining o'lchami kamaytiriladi, bu esa ularning bitum muhitida tarqalishini osonlashtiradi. Ikkinchidan, aralashtirish harorati va davomiyligi optimallashtiriladi. Uchinchidan, kompatibilizatorlar yoki funksional qo'shimchalardan foydalanish orqali bitum va polimer fazalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchaytiriladi.

Kompatibilizator sifatida malein anhidrid bilan funksionallashtirilgan poliolefinlar, sirt-faol moddalar yoki aromatik komponentlarga boy qo'shimchalardan foydalanish mumkin. Bunday qo'shimchalar polimer zarrachalarining bitum muhitida barqaror tarqalishiga, qovushqoqlikning nazorat qilinishiga va saqlash barqarorligining oshishiga yordam beradi.

#### *Ekspluatatsion xossalarga ta'siri*

Ikkilamchi polimer xomashyolari bilan modifikatsiyalangan bitum kompozitsiyalari asfalt-beton qoplamalarining bir qator muhim ekspluatatsion



xossalarini yaxshilashi mumkin. Eng avvalo, polimerlar bitumning yuqori haroratdagi qattiqligini oshirib, g'ildirak izi hosil bo'lishi va plastik deformatsiyaga moyillikni kamaytiradi. Bu ayniqsa yoz mavsumida, og'ir yuk tashuvchi transport vositalari harakati kuchli bo'lgan avtomobil yo'llarida muhim ahamiyatga ega.

Polimer modifikatsiyasi asfalt-betonning namlik ta'sirida yemirilishga qarshiligini ham oshirishi mumkin. Bitumning mineral to'ldirgich yuzasi bilan adgeziyasi kuchaysa, suv ta'sirida bog'lovchi qatlamning ajralishi sekinlashadi. Bu esa qoplamada chuqurchalar, yorilishlar va qatlam ajralishlari yuzaga kelish xavfini kamaytiradi.

Shu bilan birga, polimer miqdorining haddan tashqari ortishi aralashmaning qovushqoqligini oshirib, ishlab chiqarish va yotqizish jarayonida texnologik murakkablik tug'diradi. Yuqori qovushqoqlik aralashtirish uchun ko'proq energiya talab qiladi, asfalt-beton aralashmasining zichlanishini qiyinlashtiradi va harorat rejimiga talabni kuchaytiradi. Shuning uchun modifikator miqdorini optimal tanlash ilmiy-texnologik jihatdan hal qiluvchi masala hisoblanadi.

Optimal tarkibda ikkilamchi polimerlar bitumning yumshash haroratini oshiradi, penetratsiya qiymatini me'yoriy darajada kamaytiradi, elastiklikni yaxshilaydi va qoplamaning xizmat muddatini uzaytiradi. Bunday bog'lovchilar harorat o'zgarishlari, transport yuklamalari va namlik ta'siriga nisbatan barqarorroq asfalt-beton qoplamalarini yaratish imkonini beradi.

#### *Ilmiy-texnologik yondashuv*

Ikkilamchi polimer xomashyolari asosida modifikatsiyalangan bitum kompozitsiyalarini ishlab chiqishda kompleks yondashuv talab etiladi. Birinchi bosqichda xomashyoning tarkibi, erish harorati, zichligi, molekulyar tuzilishi va ifloslanish darajasi aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda bitum markasi, polimer turi va ularning nisbatlari tanlanadi. Uchinchi bosqichda texnologik rejim — harorat,



aralash tirish tezligi, davomiyligi va gomogenlashtirish sharoitlari optimallashtiriladi. To‘rtinchi bosqichda olingan bog‘lovchining fizik-mexanik va reologik xossalari baholanadi.

Bunday yondashuv chiqindi polimerlardan samarali foydalanish, bitum sifatini yaxshilash va asfalt-beton qoplamalarining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, ekologik jihatdan chiqindilarni qayta ishlash hajmi oshadi, poligonlarga tashlanadigan plastmassa chiqindilari kamayadi va yo‘l qurilishida resurs tejankor texnologiyalar rivojlanadi.

### *Xulosa*

Ikkilamchi polimer xomashyolari asosida modifikatsiyalangan bitum kompozitsiyalarini olish avtomobil yo‘l qoplamalari uchun yuqori samarali, ekologik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq texnologik yo‘nalish hisoblanadi. Polietilen, polipropilen, PET va rezina-polimer chiqindilaridan foydalanish bitumning yuqori haroratga chidamliligi, elastikligi, deformatsiyaga qarshiligi va namlikka barqarorligini oshirish imkonini beradi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, polimer-bitum tizimlarida optimal natijaga erishish uchun polimer turi, miqdori, zarracha o‘lchami, aralash tirish harorati va fazalararo moslashuvchanlik alohida nazorat qilinishi zarur. Ayniqsa, saqlash barqarorligi va qovushqoqlik masalalari sanoat miqyosida qo‘llash uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Umuman olganda, ikkilamchi polimer xomashyolaridan modifikator sifatida foydalanish yo‘l qurilishida resurs tejankor, ekologik xavfsiz va yuqori ekspluatatsion barqarorlikka ega asfalt-beton qoplamalarini yaratishning istiqbolli ilmiy-texnologik asosini tashkil etadi.



### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yang Q., et al. A review of polymer-modified asphalt binder: modification mechanisms and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 2024.
2. Xu F., Zhao Y., Li K. Using Waste Plastics as Asphalt Modifier: A Review. *Materials*, 2022, 15(1), 110.
3. You L., Long Z., You Z., Ge D., Yang X., Xu F., Hashemi M., Diab A. Review of recycling waste plastics in asphalt paving materials. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2022, 9(5), 742–764.
4. Mashaan N.S., Chamlagai T. Application of Plastic Waste as a Sustainable Bitumen Mixture: A Review. *Applied Sciences*, 2025.
5. Li H., Han Y., Guangxun E., Sun Y., Wang L., Liu X., Ren J., Lin Z. Recycling of waste polyethylene in asphalt and its performance enhancement methods: A critical literature review. *Journal of Cleaner Production*, 2024, 451, 142072.
6. Polacco G., Filippi S., Merusi F., Stastna J. A review of the fundamentals of polymer-modified asphalts: asphalt/polymer interactions and principles of compatibility. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2015.
7. Lu X., Isacsson U. Modification of road bitumens with thermoplastic polymers. *Polymer Testing*, 2000, 20(1), 77–86.
8. Sengoz B., Isikyakar G. Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 2008, 22(9), 1897–1905.



9. Navarro F.J., Partal P., Martínez-Boza F.J., Gallegos C. Thermo-rheological behaviour and storage stability of ground tire rubber-modified bitumens. *Fuel*, 2004.

10. Hunter R.N., Self A., Read J. *The Shell Bitumen Handbook*. 6th edition. London: ICE Publishing, 2015.

11. ASTM D5/D5M. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials. ASTM International.

12. ASTM D36/D36M. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen — Ring-and-Ball Apparatus. ASTM International.

13. ASTM D4402/D4402M. Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer. ASTM International.

14. ASTM D7173. Standard Practice for Determining the Separation Tendency of Polymer from Polymer-Modified Asphalt. ASTM International.

15. EN 12591. Bitumen and bituminous binders — Specifications for paving grade bitumens. European Committee for Standardization.