



**SANOAT CHIQINDILARI ASOSIDA POLIMER-BITUM
BOG‘LOVCHILAR OLISH VA ULARNING EKSPLUATATSION
XOSSALARINI TADQIQ ETISH**

Ozodov Sanjarbek Mansurbek O‘g‘li

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti magistranti,
O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri*

Jurayev Vays Narzullayevich

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti,
O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri*

Annotatsiya

Ushbu maqolada sanoat chiqindilari, xususan ikkilamchi polietilen, polipropilen, PET va rezina chiqindilaridan foydalanib modifikatsiyalangan polimer-bitum bog‘lovchilar olish texnologiyasi ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Yo‘l qurilishida qo‘llaniladigan an‘anaviy neft bitumlari yuqori haroratda yumshashi, past haroratda mo‘rtlashishi, transport yuklamalari ta‘sirida plastik deformatsiyaga uchrashi va vaqt o‘tishi bilan qarishi sababli ularning ekspluatatsion xossalarini yaxshilash dolzarb masala hisoblanadi. Polimer chiqindilarni bitum tarkibiga kiritish issiqlikka chidamlilik, elastiklik, adgeziya, deformatsiyaga qarshilik va suvga chidamlilikni oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, polimer miqdori, zarracha o‘lchami, aralashtirish harorati va fazalararo moslashuvchanlik kabi omillar tayyor bog‘lovchining sifatini belgilovchi asosiy texnologik ko‘rsatkichlar hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: sanoat chiqindilari, polimer-bitum bog‘lovchi, modifikatsiyalangan bitum, polietilen, polipropilen, asfalt-beton, ekspluatatsion xossa, ikkilamchi xomashyo.



Аннотация

В данной статье научно проанализирована технология получения модифицированных полимерно-битумных вяжущих с использованием промышленных отходов, в частности вторичного полиэтилена, полипропилена, ПЭТ и резиновых отходов. Традиционные нефтяные битумы, применяемые в дорожном строительстве, характеризуются размягчением при высоких температурах, хрупкостью при низких температурах, склонностью к пластическим деформациям под воздействием транспортных нагрузок, а также старением с течением времени. В связи с этим улучшение их эксплуатационных свойств является актуальной задачей. Введение полимерных отходов в состав битума позволяет повысить теплостойкость, эластичность, адгезионные свойства, сопротивление деформации и водостойкость материала. Вместе с тем количество полимера, размер частиц, температура смешения и межфазная совместимость являются основными технологическими показателями, определяющими качество готового вяжущего.

Ключевые слова: промышленные отходы, полимерно-битумное вяжущее, модифицированный битум, полиэтилен, полипропилен, асфальтобетон, эксплуатационные свойства, вторичное сырьё.

Hozirgi vaqtda avtomobil yo'llari qurilishi va ularni ekspluatatsiya qilish jarayonida yuqori sifatli, uzoq muddat xizmat qiladigan, harorat va mexanik yuklamalarga chidamli bog'lovchi materiallarga talab ortib bormoqda. Transport oqimining ko'payishi, og'ir yuk avtomobillari harakatining jadallashuvi hamda iqlim sharoitlarining keskin o'zgarishi asfalt-beton qoplamalarida g'ildirak izi, yorilish, qatlamlararo ajralish va suv ta'sirida yemirilish kabi nuqsonlarni keltirib chiqaradi.

An'anaviy neft bitumlari asfalt-beton aralashmalarining asosiy bog'lovchi komponenti bo'lib xizmat qiladi. Biroq oddiy bitumlar haroratga sezgirliги yuqori



bo'lgan materiallar qatoriga kiradi. Yuqori haroratda ularning qovushqoqligi kamayadi va qoplama plastik deformatsiyaga moyil bo'ladi; past haroratda esa bitum mo'rtlashib, yo'l qoplamasida yoriqlar paydo bo'lish ehtimoli ortadi. Shu sababli bitumni polimerlar bilan modifikatsiyalash yo'l qurilishi materiallari sifatini oshirishning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi.

Polimer modifikatorlar sifatida yangi sintetik polimerlardan foydalanish mumkin, biroq sanoat va maishiy chiqindilar tarkibidagi polietilen, polipropilen, polietilentereftalat hamda ishlatilgan shina rezinasidan foydalanish ekologik va iqtisodiy jihatdan yanada maqsadga muvofiqdir. Bunday yondashuv chiqindilarni qayta ishlash, neft-bitum resurslarini tejash, yo'l qoplamalarining xizmat muddatini uzaytirish va kam chiqindili texnologiyalarni rivojlantirishga xizmat qiladi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi sanoat polimer chiqindilari asosida modifikatsiyalangan polimer-bitum bog'lovchilar olish texnologiyasini ishlab chiqish hamda ularning fizik-mexanik, reologik va ekspluatatsion xossalarini baholashdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- Sanoat polimer chiqindilarini bitum modifikatori sifatida qo'llash imkoniyatlarini ilmiy tahlil qilish;
- Polimer chiqindilarini saralash, tozalash, maydalash va bitum bilan moslashtirish texnologiyasini ishlab chiqish;
- Bitum tarkibiga turli miqdorda polimer chiqindilarini kiritib, optimal tarkibni aniqlash;
- Olingan polimer-bitum bog'lovchilarning penetratsiya, yumshash harorati, cho'ziluvchanlik, qovushqoqlik va saqlash barqarorligini baholash;
- Modifikatsiyalangan bog'lovchilarning asfalt-beton qoplamalaridagi ekspluatatsion samaradorligini asoslash.



Materiallar va tadqiqot metodikasi

Tadqiqot obyekti sifatida yo‘l qurilishida qo‘llaniladigan neft bitumi va sanoat chiqindilari tarkibidan ajratib olingan polimer fraksiyalar tanlanadi. Modifikator sifatida polietilen, polipropilen, PET chiqindilari hamda rezina kukunidan foydalanish mumkin. Ushbu materiallar bitum tarkibiga kiritilganda bog‘lovchining issiqlikka chidamliligi, elastikligi, deformatsiyaga qarshiligi va namlikka chidamlilik ko‘rsatkichlariga turlicha ta’sir ko‘rsatadi.

Polimer chiqindilar avvalo mexanik aralashmalardan tozalanadi, yuviladi, quritiladi va 1–5 mm o‘lchamdagi zarrachalargacha maydalanadi. Bitum 160–180 °C haroratgacha qizdiriladi, so‘ngra unga 2–8 massa % miqdorida polimer chiqindi bosqichma-bosqich qo‘shiladi. Aralashma yuqori tezlikli mexanik aralashtirgichda 60–90 daqiqa davomida gomogenlashtiriladi. Haroratning me’yoridan yuqori bo‘lishi bitumning oksidlanishini tezlashtirishi, haroratning past bo‘lishi esa polimerning yetarlicha erimasligi va aralashmada aglomeratlar hosil bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Polimer-bitum bog‘lovchi olish texnologiyasi

Chiqindilarni tayyorlash. Sanoat polimer chiqindilari tarkibidagi chang, yog‘, metall va mineral aralashmalar ajratiladi. Chiqindilar yuvilib, quritilgach, maydalash jarayonidan o‘tkaziladi. Zarrachalarning mayda bo‘lishi bitum bilan kontakt yuzasini oshiradi.

Bitumni qizdirish. Bitum suyuq holatga kelguncha 160–180 °C gacha qizdiriladi. Jarayon harorati nazorat qilinadi, chunki ortiqcha qizdirish bitumning qarishiga olib kelishi mumkin.

Polimer chiqindini kiritish. Maydalangan polimer chiqindi bitumga bosqichma-bosqich qo‘shiladi. Bunday yondashuv aglomeratsiya hosil bo‘lishining oldini oladi va modifikatorning bir tekis tarqalishini ta’minlaydi.



Gomogenlashtirish. Aralashma yuqori tezlikda mexanik aralashiriladi. Bu bosqichda polimer zarrachalari bitum muhitida shishadi, qisman eriydi va bitumning yuqori molekulyar komponentlari bilan fizik-kimyoviy ta'sirlashadi.

Stabilizatsiya va sovitish. Olingan polimer-bitum bog'lovchi ma'lum vaqt bir xil haroratda ushlab turiladi, so'ngra sinov namunalarini tayyorlash uchun qoliplarga quyiladi.

Texnologik ketma-ketlik quyidagicha ifodalanadi: polimer chiqindilarni yig'ish → saralash → yuvish → quritish → maydalash → bitumni qizdirish → polimerni bosqichma-bosqich kiritish → yuqori tezlikda aralashtirish → gomogenlashtirish → stabilizatsiya → sifat nazorati → tayyor polimer-bitum bog'lovchi.

Ekspluatatsion xossalarni baholash

Olingan polimer-bitum bog'lovchilarning sifatini baholashda bir nechta ko'rsatkichlar kompleks tarzda tahlil qilinadi. Penetratsiya qiymati bitumning qattiqlik-yumshoqlik darajasini, yumshash harorati esa yuqori haroratdagi barqarorligini tavsiflaydi. Cho'ziluvchanlik past haroratlarda yorilishga chidamlilik bilan bog'liq bo'lsa, qovushqoqlik aralashmani ishlab chiqarish va yotqizish jarayonidagi texnologik qulaylikni belgilaydi. Saqlash barqarorligi polimer va bitum fazalarining uzoq muddat davomida ajralmasligini ko'rsatadi.

Polimer chiqindilar bitum tarkibiga kiritilganda uning struktura-mexanik xossalari sezilarli darajada o'zgaradi. Polietilen va polipropilen kabi termoplastik polimerlar bitumning yuqori haroratdagi qattiqligini oshiradi, yumshash haroratini ko'taradi va asfalt qoplamalarida g'ildirak izi hosil bo'lishiga qarshilikni kuchaytiradi.

Biroq polimer miqdori haddan tashqari oshirilsa, aralashmaning qovushqoqligi ortib ketadi. Bu holat aralashtirish, nasos orqali uzatish va asfalt-beton tarkibida bir tekis taqsimlash jarayonlarini qiyinlashtiradi. Shuningdek, PE va PP bitum bilan



to'liq kimyoviy mos kelmagani sababli uzoq muddatli saqlashda fazaviy ajralish kuzatilishi mumkin. Shu sababli optimal tarkibni aniqlash va zarur hollarda kompatibilizatorlardan foydalanish muhim hisoblanadi.

Optimal tarkib sifatida ko'pincha bitum massasiga nisbatan 3–5% miqdordagi polimer qo'shimchalar samarali deb baholanadi. Bu oraliqda bitumning yumshash harorati oshadi, penetratsiya qiymati kamayadi, deformatsiyaga chidamlilik yaxshilanadi va qoplamaning xizmat muddati uzayadi. Ammo aniq optimal miqdor bitum markasi, polimer chiqindi turi, zarracha o'lchami va aralashtirish sharoitlariga bog'liq.

Ekspluatatsion xossalarning ilmiy talqini

Issiqlikka chidamlilik. Polimer qo'shilishi bitumning yumshash haroratini oshiradi. Bu yoz mavsumida asfalt qoplamaning deformatsiyalanishini kamaytiradi.

Elastiklik. Rezina kukuni yoki elastomer xususiyatli polimerlar bitumga elastik qaytish xossasini beradi. Bu transport yuklamalari ta'sirida hosil bo'ladigan mikrodeformatsiyalarning qisman tiklanishiga yordam beradi.

Adgeziya. Polimer-bitum bog'lovchining mineral to'ldirgich yuzasi bilan mustahkam bog'lanishi asfalt-betonning suvga chidamliligini oshiradi. Ayrim poliolenin chiqindilari gidrofob xususiyatga ega bo'lgani uchun adgeziya maxsus qo'shimchalar orqali kuchaytirilishi mumkin.

Qarishga chidamlilik. Polimer modifikatorlar bitum tarkibidagi yengil fraksiyalarning bug'lanishi va oksidlanish jarayonlarini ma'lum darajada sekinlashtirishi mumkin.

Saqlash barqarorligi. Polimer-bitum kompozitsiyalarining asosiy muammolaridan biri fazaviy ajralishdir. Shu sababli sanoat miqyosida qo'llash uchun yuqori dispers aralashtirish, moslashtiruvchi qo'shimchalar va optimal harorat rejimi talab etiladi.



Amaliy ahamiyati

Sanoat chiqindilari asosida polimer-bitum bog‘lovchilar olish texnologiyasi yo‘l qurilishida import modifikatorlarga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirishi, mahalliy chiqindi resurslardan samarali foydalanish imkonini yaratishi va atrof-muhitga tashlanadigan polimer chiqindilar miqdorini qisqartirishi bilan muhim ahamiyatga ega. Ushbu yondashuv iqtisodiy samaradorlik, ekologik xavfsizlik va yo‘l qoplamalarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish kabi bir nechta vazifani bir vaqtda hal qiladi.

Xulosa

Sanoat chiqindilari asosida polimer-bitum bog‘lovchilar olish texnologiyasi yo‘l qurilishi materiallarini ekologik va iqtisodiy jihatdan takomillashtirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Polietilen, polipropilen, PET va rezina chiqindilaridan foydalanish bitumning yuqori haroratga chidamliligi, deformatsiyaga qarshiligi, elastikligi va asfalt-beton tarkibidagi barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, polimer chiqindilarining optimal miqdori odatda bitum massasiga nisbatan 3–5% atrofida bo‘lishi mumkin. Biroq bu qiymat ishlatiladigan bitum markasi, polimer turi, zarracha o‘lchami va texnologik rejimga bog‘liq. Polimer miqdori ortishi bilan qovushqoqlikning oshishi va fazaviy ajralish xavfi yuzaga keladi. Shuning uchun sanoat miqyosida qo‘llash uchun gomogenlashtirish jarayonini takomillashtirish, kompatibilizatorlardan foydalanish va kompleks ekspluatatsion sinovlar o‘tkazish zarur.

Umuman olganda, sanoat chiqindilaridan olingan polimer modifikatorlar asosida bitumni modifikatsiyalash yo‘l qoplamalarining xizmat muddatini uzaytirish, chiqindilarni qayta ishlash va resurs tejamkor texnologiyalarni rivojlantirishga xizmat qiladi.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yang Q. va boshq. A review of polymer-modified asphalt binder: Modification mechanisms and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 2024.
2. Lu D.X. va boshq. Performance Evaluation of Post-Consumer and Post-Industrial Recycled Plastics as Binder Modifier in Asphalt Mixes. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2024.
3. Li H. va boshq. Recycling of waste polyethylene in asphalt and its performance enhancement methods: A critical literature review. *Journal of Cleaner Production*, 2024.
4. Xu F. va boshq. Using Waste Plastics as Asphalt Modifier: A Review. *Materials*, 2021.
5. Mashaan N.S. va boshq. Application of Plastic Waste as a Sustainable Bitumen Mixture: A Review. *Applied Sciences*, 2025.
6. ASTM D5/D5M. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials.
7. ASTM D36. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen.
8. ASTM D7173. Standard Practice for Determining the Separation Tendency of Polymer from Polymer Modified Asphalt.