YO‘L BITUMLARINING FIZIK-MEXANIK VA EKSPLUATATSION XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Abdullayeva Shoxista Shuxratovna
Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),
E-mail: shoxista.1988@mail.ru
https://doi.org/10.5281/zenodo.22180166

Annotatsiya. Mazkur maqolada avtomobil yo‘llari qurilishida asosiy bog‘lovchi material hisoblangan yo‘l bitumlarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalari kompleks ravishda tadqiq etilgan. Bitumning penetratsiya darajasi, yumshash harorati, cho‘ziluvchanligi, qovushqoqligi, elastikligi, yopishish qobiliyati, termik barqarorligi hamda qarishga chidamliligi laboratoriya sinovlari va ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilingan. Shuningdek, iqlim sharoitlari, transport yuklamalari va ekspluatatsiya omillarining bitum xossalariga ta’siri baholangan. Polimer modifikatsiyalangan bitumlarning an’anaviy neft bitumlariga nisbatan afzalliklari, asfaltbeton qoplamalarining mustahkamligi va uzoq xizmat muddatini ta’minlashdagi o‘rni yoritilgan. Tadqiqot natijalari yo‘l qoplamalarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish, deformatsiyalarni kamaytirish va zamonaviy bitum materiallarini tanlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.
Kalit so‘zlar: yo‘l bitumi, asfaltbeton, fizik-mexanik xossalar, ekspluatatsion xossalar, penetratsiya, yumshash harorati, cho‘ziluvchanlik, qovushqoqlik, elastiklik, yopishqoqlik, polimer modifikatsiyasi, deformatsiya, qarishga chidamlilik, yo‘l qoplamasi.

Abstract. This article presents a comprehensive study of the physical, mechanical, and performance properties of road bitumen used as the primary binder in asphalt pavement construction. The research evaluates penetration, softening point, ductility, viscosity, elasticity, adhesion, thermal stability, and aging resistance based on laboratory testing methods and scientific literature. In addition, the effects of climatic conditions, traffic loading, and operational factors on bitumen performance are analyzed. The advantages of polymer-modified bitumen over conventional petroleum bitumen in improving pavement durability, rutting resistance, and long-term service life are highlighted. The findings provide scientific and practical recommendations for selecting high-quality bitumen and enhancing the operational reliability of highway pavements.
Keywords: road bitumen, asphalt pavement, physical-mechanical properties, performance properties, penetration, softening point, ductility, viscosity, elasticity, adhesion, polymer modification, pavement deformation, aging resistance.

Аннотация. В статье комплексно исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства дорожных битумов, применяемых в качестве основного вяжущего материала при строительстве автомобильных дорог. На основе лабораторных испытаний и анализа научной литературы изучены показатели пенетрации, температуры размягчения, растяжимости, вязкости, эластичности, адгезии, термической стабильности и стойкости к старению. Оценено влияние

климатических условий, транспортных нагрузок и эксплуатационных факторов на свойства битума. Освещены преимущества полимерно-модифицированных битумов по сравнению с традиционными нефтяными битумами в обеспечении прочности и долговечности асфальтобетонных покрытий. Полученные результаты позволяют разработать научно обоснованные рекомендации по выбору битумных материалов и повышению эксплуатационной надежности дорожных покрытий.

Ключевые слова: дорожный битум, асфальтобетон, физико-механические свойства, эксплуатационные свойства, пенетрация, температура размягчения, растяжимость, вязкость, эластичность, адгезия, полимерная модификация, деформация покрытия, стойкость к старению.

Kirish. Bugungi kunda avtomobil yo‘llari mamlakatning transport-logistika tizimi, iqtisodiy rivojlanishi va hududlararo integratsiyasini ta’minlovchi eng muhim infratuzilma obyektlaridan biri hisoblanadi. Yo‘l tarmog‘ining texnik holati yuk va yo‘lovchi tashish samaradorligiga, transport xarajatlariga, harakat xavfsizligiga hamda iqtisodiy raqobatbardoshlikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli yo‘l qurilishida qo‘llaniladigan materiallarning sifati, ularning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini chuqur o‘rganish zamonaviy yo‘l muhandisligining ustuvor ilmiy yo‘nalishlaridan biri sanaladi. Asfaltbeton qoplamalarining asosiy bog‘lovchi materiali bo‘lgan yo‘l bitumi mineral agregatlar (chaqiq tosh, shag‘al va qum) zarrachalarini o‘zaro mustahkam bog‘lab, qoplamaning yaxlitligi, elastikligi va suvga chidamliligini ta’minlaydi. Bitumning sifati asfaltbetonning mustahkamligi, deformatsiyaga bardoshliligi, charchashga qarshiligi, yoriqlar hosil bo‘lishiga moyilligi va xizmat muddatini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Shu bois bitumning fizik-mexanik hamda ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini ilmiy asosda baholash va takomillashtirish yo‘l qurilishi texnologiyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Dunyo miqyosida avtomobil yo‘llariga tushayotgan transport yuklamalarining ortishi, og‘ir yuk avtomobillari ulushining ko‘payishi va iqlim o‘zgarishi yo‘l qoplamalariga qo‘yiladigan talablarni sezilarli darajada kuchaytirmoqda. Yuqori haroratlarda asfaltbeton qoplamalarda plastik deformatsiyalar va iz hosil bo‘lish (rutting), past haroratlarda esa termik yoriqlar va mo‘rtlashish kuzatiladi. Haroratning keskin almashinuvi, namlikning ta’siri, ultrabinafsha nurlanish va oksidlanish jarayonlari bitumning fizik xususiyatlarini asta-sekin o‘zgartirib, uning qarishiga va ekspluatatsion sifatlarining pasayishiga olib keladi. Natijada yo‘l qoplamalarining xizmat muddati qisqaradi va ularni saqlash hamda ta’mirlash xarajatlari ortadi. O‘zbekistonning keskin kontinental iqlim sharoiti yo‘l bitumlariga alohida talablar qo‘yadi. Yoz oylarida asfalt qoplamasi yuzasidagi harorat juda yuqori qiymatlarga yetishi, qish mavsumida esa keskin sovuqlar kuzatilishi bitumning haroratga sezgirligini oshiradi. Bundan tashqari, respublikada xalqaro transport yo‘laklari bo‘ylab og‘ir yuk avtomobillari oqimining ortib borishi qoplamalarning mexanik zo‘riqishini kuchaytiradi. Shuning uchun mahalliy iqlim va ekspluatatsiya sharoitlariga mos bitum markalarini tanlash hamda ularning sifat ko‘rsatkichlarini zamonaviy usullar asosida baholash muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Bitumning asosiy fizik-mexanik ko‘rsatkichlariga penetratsiya, yumshash harorati, cho‘ziluvchanlik, qovushqoqlik, elastiklik, zichlik, yopishqoqlik va mo‘rtlashish harorati kiradi. Ushbu ko‘rsatkichlar bitumning harorat o‘zgarishlariga moslashuvchanligini, mineral materiallar bilan bog‘lanish darajasini va ekspluatatsiya davomida o‘z xossalarini

saqlab qolish qobiliyatini tavsiflaydi. Ekspluatatsion xossalarga esa iz hosil bo‘lishga qarshilik, charchashga bardoshlilik, suv ta’siriga chidamlilik, qarishga barqarorlik va uzoq muddatli xizmat ko‘rsatish qobiliyati kiradi. Mazkur parametrlarni kompleks baholash asfaltbeton qoplamalarining ishonchliligi va xizmat muddatini prognoz qilish imkonini beradi. So‘nggi yillarda yo‘l bitumlarini modifikatsiyalash bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Stiren-butadien-stiren (SBS), etilen-vinilatsetat (EVA), maydalangan rezina kukuni, nanozarrachalar va boshqa qo‘shimchalar asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan bitumlar yuqori elastiklik, yaxshi yopishish qobiliyati va harorat o‘zgarishlariga nisbatan yuqori barqarorlikni namoyon etmoqda. Bunday materiallardan foydalanish asfaltbeton qoplamalarida iz hosil bo‘lishni kamaytirish, yoriqlarning oldini olish va yo‘lning xizmat muddatini uzaytirishda muhim omil sifatida e’tirof etiladi. Bitum sifatini baholashda zamonaviy laboratoriya sinovlari keng qo‘llanilmoqda. Penetratsiya sinovi bitumning qattiqlik darajasini, yumshash harorati sinovi uning yuqori haroratdagi barqarorligini, cho‘ziluvchanlik sinovi esa plastiklik xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi. Bundan tashqari, dinamik siljish reometri (DSR), egiluvchan nur reometri (BBR), rotatsion viskozimetr va qarishni modellashtiruvchi laboratoriya uskunalari bitumning haqiqiy ekspluatatsiya sharoitidagi xatti-harakatini aniqroq baholash imkonini yaratmoqda. Ushbu usullar bitumni tanlash va asfalt aralashmalarining tarkibini optimallashtirishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, yo‘l bitumlarining sifatini baholashda an’anaviy fizik ko‘rsatkichlar bilan bir qatorda ishlash xususiyatlariga asoslangan (Performance Grade – PG) tasniflash tizimlari ham keng qo‘llanilmoqda. Ushbu yondashuv bitumning ma’lum harorat va yuklama sharoitlarida o‘zini qanday tutishini baholash imkonini beradi hamda turli iqlim zonalari uchun optimal bitum turini tanlashga yordam beradi. Natijada asfaltbeton qoplamalarining uzoq muddatli ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligi ortadi. Mavzuga oid ilmiy tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, bitumning fizik-mexanik xossalari bo‘yicha ko‘plab izlanishlar mavjud bo‘lsa-da, ularning ekspluatatsion xususiyatlari bilan o‘zaro bog‘liqligini, mahalliy iqlim sharoitlarining ta’sirini va zamonaviy modifikatsiyalovchi qo‘shimchalarning samaradorligini kompleks baholash masalalari dolzarbligicha qolmoqda. Ayniqsa, O‘zbekiston sharoitida qo‘llanilayotgan yo‘l bitumlarining laboratoriya ko‘rsatkichlari va real ekspluatatsiya natijalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni ilmiy asosda tahlil qilish yo‘l qurilishi amaliyotini takomillashtirish uchun muhim ahamiyatga ega. Mazkur tadqiqotning maqsadi yo‘l bitumlarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini kompleks ravishda o‘rganish, ularga ta’sir etuvchi asosiy omillarni aniqlash, zamonaviy laboratoriya sinovlari natijalarini tahlil qilish hamda asfaltbeton qoplamalarining mustahkamligi, chidamliligi va xizmat muddatini oshirishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijalari yo‘l qurilishi korxonalari, loyiha tashkilotlari va ilmiy muassasalar uchun bitum materiallarini tanlash, sifat nazoratini takomillashtirish va ekspluatatsion samaradorlikni oshirishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar tahlili. Yo‘l qurilishi sohasida bitum materiallarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini o‘rganish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab jadal rivojlandi. Transport oqimlarining ortishi, og‘ir yuk avtomobillari ulushining ko‘payishi, iqlim sharoitlarining keskin o‘zgarishi va yo‘l qoplamalariga

qo‘yilayotgan yuqori talablar bitumning tarkibi, tuzilishi hamda ekspluatatsion xususiyatlarini chuqur o‘rganishni taqozo etdi. Zamonaviy ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, asfaltbeton qoplamalarining uzoq muddat xizmat qilishi ko‘p jihatdan bitumning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari va ularning ekspluatatsiya davomida barqaror saqlanishiga bog‘liq. Bitumning fizik-kimyoviy tabiati bo‘yicha dastlabki fundamental tadqiqotlar neft mahsulotlarining kolloid tuzilishini o‘rganishga qaratilgan. J. G. Speight va J. Read hamda D. Whiteoak bitumni asfaltenlar, smolalar va yog‘ fraksiyalaridan tashkil topgan murakkab dispers tizim sifatida tavsiflaydilar. Ularning tadqiqotlariga ko‘ra, ushbu komponentlarning o‘zaro nisbati bitumning penetratsiyasi, qovushqoqligi, elastikligi va qarishga chidamliligini belgilaydi. Asfaltenlar miqdorining ortishi bitumning qattiqligini oshirsa, malten fraksiyasining ko‘pligi uning elastikligi va plastiklik xususiyatlarini yaxshilaydi. Bitumning fizik-mexanik xossalarini baholash bo‘yicha xalqaro standartlar keng qo‘llaniladi. ASTM, EN va AASHTO standartlarida penetratsiya, yumshash harorati (Ring and Ball), cho‘ziluvchanlik (Ductility), qovushqoqlik (Viscosity), mo‘rtlashish harorati (Fraass Breaking Point) va zichlik kabi ko‘rsatkichlar bitum sifatini tavsiflovchi asosiy mezonlar sifatida e’tirof etilgan. Ushbu sinovlar laboratoriya sharoitida bitumning harorat ta’siriga munosabatini, deformatsiyaga qarshiligini va asfalt aralashmalaridagi ishlash xususiyatlarini baholash imkonini beradi. J. Read va D. Whiteoak tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda bitumning ekspluatatsion sifati faqat fizik ko‘rsatkichlar bilan emas, balki uning reologik xususiyatlari bilan ham chambarchas bog‘liqligi asoslab berilgan. Mualliflar bitumni viskoelastik material sifatida tavsiflab, uning yuqori haroratlarda plastik deformatsiyaga, past haroratlarda esa mo‘rt sinishga moyilligini ko‘rsatganlar. Shu sababli bitumni baholashda reologik sinovlardan foydalanish zamonaviy yo‘l muhandisligining muhim yo‘nalishiga aylandi. 1990-yillardan boshlab AQShda Strategic Highway Research Program (SHRP) doirasida bitumlarni Performance Grade (PG) tizimi bo‘yicha tasniflash konsepsiyasi ishlab chiqildi. Ushbu yondashuv bitumning ma’lum harorat diapazonida va real transport yuklamalari ostidagi ishlash xususiyatlarini baholashga asoslangan. SHRP tadqiqotlari natijasida dinamik siljish reometri (DSR), egiluvchan nur reometri (BBR), aylanuvchi viskozimetr (RV) va qarishni modellashtiruvchi Rolling Thin Film Oven (RTFO) hamda Pressure Aging Vessel (PAV) usullarining samaradorligi ilmiy jihatdan isbotlandi. Hozirgi vaqtda ushbu metodlar ko‘plab davlatlarda bitum sifatini baholashning asosiy vositalari hisoblanadi. So‘nggi yillarda polimer modifikatsiyalangan bitumlar bo‘yicha ilmiy izlanishlar alohida rivojlandi. G. Airey, H. Bahia, L. Zanzotto va boshqa olimlar stiren-butadien-stiren (SBS), etilen-vinilatsetat (EVA), maydalangan rezina kukuni va boshqa modifikatorlarning bitum xossalariga ta’sirini o‘rganganlar. Tadqiqotlar natijasida polimer qo‘shimchalari bitumning elastikligini oshirishi, yuqori haroratlarda iz hosil bo‘lishga qarshiligini kuchaytirishi va past haroratlarda yoriqlar hosil bo‘lish xavfini kamaytirishi aniqlangan. Bundan tashqari, modifikatsiyalangan bitumlar oksidlanishga nisbatan barqarorroq bo‘lib, qoplamaning xizmat muddatini uzaytirishi qayd etilgan. Bitumning qarish jarayoni bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ham katta ilmiy ahamiyatga ega. Petersen va hamkorlari bitumning ekspluatatsiya davomida oksidlanishi natijasida uning molekulyar tarkibi o‘zgarishini, natijada qattiqlashish, elastiklikning kamayishi va mo‘rtlashish kuzatilishini ko‘rsatganlar. Qarish jarayoni ultrabinafsha nurlanish, kislorod, namlik va yuqori harorat ta’sirida tezlashadi. Shu sababli antioksidant qo‘shimchalar va polimer

modifikatorlardan foydalanish qarish jarayonini sekinlashtirishning samarali usullaridan biri sifatida tavsiya etiladi. Iqlim omillarining bitum xossalariga ta’siri bo‘yicha ham ko‘plab ilmiy ishlar mavjud. Shimoliy hududlarda olib borilgan tadqiqotlarda past haroratlarda termik yoriqlarning oldini olish uchun yuqori elastiklikka ega bitumlardan foydalanish tavsiya etilgan bo‘lsa, issiq iqlimli mintaqalarda yuqori yumshash haroratiga ega modifikatsiyalangan bitumlar samaraliroq ekanligi isbotlangan. Bu holat bitum tanlashda hududning iqlim xususiyatlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Asfaltbetonning suv ta’siriga chidamliligi va mineral agregatlar bilan yopishish xususiyatlari ham ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Tadqiqotlarda mineral agregatlarning mineralogik tarkibi, sirt energiyasi va bitumning kimyoviy xususiyatlari o‘zaro yopishish mustahkamligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Adgezion qo‘shimchalar qo‘llanilganda asfaltbetonning namlikka chidamliligi va ekspluatatsion barqarorligi sezilarli darajada yaxshilanadi. Nanotexnologiyalar yo‘l bitumlarini takomillashtirishda yangi ilmiy yo‘nalish sifatida shakllanmoqda. Nano-kremniy dioksid, nano-gil, grafen, uglerod nanotubalari va boshqa nanomateriallar qo‘shilganda bitumning mexanik mustahkamligi, issiqlik barqarorligi va qarishga chidamliligi ortishi kuzatilgan. Biroq bunday modifikatorlarning iqtisodiy samaradorligi, ekologik xavfsizligi va uzoq muddatli ekspluatatsion ta’sirini o‘rganish bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlarga ehtiyoj mavjud. Ekologik jihatdan barqaror yo‘l qurilishi konsepsiyasi doirasida qayta ishlangan asfalt qoplamalari (Reclaimed Asphalt Pavement – RAP), bioasosli bog‘lovchilar va qayta tiklanuvchi materiallardan foydalanish bo‘yicha ham keng ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Tadqiqotlar ushbu texnologiyalar tabiiy resurslardan foydalanishni kamaytirishi va uglerod izini qisqartirishini ko‘rsatmoqda. Shu bilan birga, qayta ishlangan materiallar qo‘llanilganda bitumning reologik xususiyatlarini tiklash uchun regeneratsiya qiluvchi qo‘shimchalardan foydalanish zarurligi ta’kidlanadi.

O‘zbekiston olimlari tomonidan ham yo‘l qurilishi materiallari, asfaltbeton aralashmalari va bitumlarning sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash bo‘yicha ilmiy izlanishlar amalga oshirilgan. Mazkur tadqiqotlarda mahalliy neft xomashyosidan olingan bitumlarning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari, mineral kukunlarning ta’siri, iqlim sharoitlarining qoplama sifatiga ta’siri hamda mahalliy yo‘llar uchun optimal asfaltbeton tarkiblarini ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Shuningdek, bitum sifatini nazorat qilishda zamonaviy laboratoriya usullarini joriy etish va xalqaro standartlarga mos sinov metodlarini qo‘llash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, bitumning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlik yo‘l qoplamalarining uzoq muddatli xizmat muddatini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Mavjud ilmiy ishlarda bitumning alohida fizik yoki reologik ko‘rsatkichlari keng o‘rganilgan bo‘lsa-da, O‘zbekistonning keskin kontinental iqlimi va ortib borayotgan transport yuklamalari sharoitida bitumlarning kompleks ekspluatatsion bahosi, qarishga chidamliligi hamda zamonaviy modifikatorlarning samaradorligini chuqur o‘rganishga ehtiyoj saqlanib qolmoqda. Mazkur tadqiqot aynan ushbu ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, yo‘l bitumlarining laboratoriya ko‘rsatkichlari bilan ularning real ekspluatatsion xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash, optimal bitum turlarini tanlash va asfaltbeton qoplamalarining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiluvchi ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishni maqsad qiladi.

Tadqiqot natijalari va muhokama. Mazkur tadqiqotda avtomobil yo‘llari qurilishida qo‘llaniladigan yo‘l bitumlarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalari kompleks ravishda tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida penetratsiya, yumshash harorati, cho‘ziluvchanlik, qovushqoqlik, elastiklik va yopishqoqlik ko‘rsatkichlari laboratoriya usullarida baholandi hamda ularning asfaltbeton qoplamalarining ekspluatatsion xususiyatlariga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar bitumning fizik-mexanik parametrlari bilan yo‘l qoplamasining deformatsiyaga chidamliligi, yoriqqa qarshiligi va uzoq muddatli xizmat muddati o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi.

Penetratsiya ko‘rsatkichlarini tahlil qilish. Tadqiqot davomida turli markadagi yo‘l bitumlarining penetratsiya darajasi o‘rganildi. Aniqlanishicha, penetratsiya qiymatining kamayishi bitumning qattiqligi ortishini bildiradi. Yuqori haroratli iqlim sharoitlarida nisbatan qattiq bitumlar asfaltbeton qoplamalarda iz hosil bo‘lish (rutting) jarayonini kamaytirishga yordam beradi. Biroq juda qattiq bitumlar past haroratlarda mo‘rtlashib, termik yoriqlar hosil bo‘lish xavfini oshirishi mumkin.

Yumshash haroratining ta’siri. Bitumning yuqori haroratdagi barqarorligini baholash uchun Ring and Ball usuli bo‘yicha yumshash harorati aniqlandi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, yumshash haroratining ortishi asfaltbeton qoplamaning yozgi issiq sharoitlarda deformatsiyaga bardoshliligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Ayniqsa, polimer modifikatsiyalangan bitumlarda ushbu ko‘rsatkich an’anaviy neft bitumlariga nisbatan yuqori bo‘lib, bu ularning yuqori haroratli hududlarda samaraliroq ekanligini tasdiqlaydi.

Cho‘ziluvchanlik va elastiklik natijalari. Cho‘ziluvchanlik bitumning plastik deformatsiyalarga moslashuvchanligini tavsiflaydi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatishicha, yuqori cho‘ziluvchanlikka ega bitumlar asfaltbeton qoplamalarda mikroyoriqlarning rivojlanishini sekinlashtiradi va qoplamaning charchashga chidamliligini oshiradi. Polimer qo‘shimchalar bilan modifikatsiyalangan namunalar yuqori elastik qaytish xususiyatini namoyon etdi, bu esa transport yuklamalari ta’sirida hosil bo‘ladigan qoldiq deformatsiyalarni kamaytiradi.

Qovushqoqlik xossalarining bahosi. Bitumning qovushqoqligi asfalt aralashmasini tayyorlash va yotqizish texnologiyasida muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot davomida harorat ortishi bilan qovushqoqlikning kamayishi kuzatildi, bu esa asfalt aralashmasining ishlov berish qulayligini oshiradi. Shu bilan birga, ekspluatatsiya haroratida yetarli qovushqoqlik saqlanib qolishi asfaltbetonning mexanik mustahkamligini ta’minlash uchun zarur ekanligi aniqlandi.

Qarish jarayonining natijalari. RTFO va PAV usullarida modellashtirilgan qarish sinovlari natijasida bitumning vaqt o‘tishi bilan qattiqlashishi, penetratsiyaning kamayishi va elastiklikning pasayishi kuzatildi. Oksidlanish jarayoni asfaltenlar miqdorining ortishiga olib kelib, bitumning mo‘rtlashishiga sabab bo‘lishi aniqlandi. Modifikatsiyalangan bitumlar qarishga nisbatan yuqori barqarorlikni namoyon etib, uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun istiqbolli material sifatida baholandi.

Ekspluatatsion xossalarni baholash. Asfaltbeton qoplamalarning ekspluatatsion sifati quyidagi asosiy mezonlar bo‘yicha tahlil qilindi:

Ko‘rsatkich	An’anaviy bitum	Modifikatsiyalangan bitum	Ta’sir darajasi
Iz hosil bo‘lishga	O‘rta	Yuqori	Juda yuqori

qarshilik			
Charchashga chidamlilik	O‘rta	Yuqori	Yuqori
Past haroratdagi yoriqqa qarshilik	O‘rta	Yuqori	Yuqori
Suv ta’siriga chidamlilik	O‘rta	Yuqori	Yuqori
Qarishga barqarorlik	O‘rta	Yuqori	Juda yuqori

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, polimer modifikatsiyalangan bitumlar barcha asosiy ekspluatatsion ko‘rsatkichlar bo‘yicha an’anaviy bitumlardan ustun natijalarni namoyon etdi. Tadqiqot natijalari O‘zbekistonning keskin kontinental iqlim sharoiti bitum tanlashda muhim omil ekanligini tasdiqladi. Yuqori yozgi haroratlarda yumshash harorati yuqori bo‘lgan bitumlar, qishki sovuq sharoitlarda esa elastikligi yuqori bo‘lgan modifikatsiyalangan bitumlar samaraliroq natija beradi. Bu esa bitumlarni hududiy iqlim sharoitlariga mos holda tanlash zarurligini ko‘rsatadi.

Muhokama. Olingan natijalar xalqaro tadqiqotlar bilan mos keladi. SHRP dasturi doirasida ishlab chiqilgan Performance Grade konsepsiyasi ham bitumning real ekspluatatsiya sharoitidagi ishlash xususiyatlarini baholash zarurligini ta’kidlaydi. Tadqiqotimizda aniqlangan yuqori yumshash harorati va elastiklikka ega bitumlarning deformatsiyaga chidamliligi haqidagi xulosalar Airey, Bahia va Zanzotto kabi olimlarning ilmiy natijalari bilan uyg‘unlikda namoyon bo‘ldi. Shuningdek, qarish jarayonida bitumning qattiqlashishi va mo‘rtlashishi Petersen tomonidan tavsiflangan oksidlanish mexanizmlarini tasdiqlaydi. Tadqiqotda polimer modifikatsiyalangan bitumlarning qarishga nisbatan yuqori barqarorligi aniqlangani ularni uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun maqsadga muvofiq material sifatida tavsiya etish imkonini beradi.

Tadqiqot davomida quyidagi ilmiy natijalarga erishildi: penetratsiya va yumshash harorati o‘rtasida teskari bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi, elastiklikning ortishi asfaltbeton qoplamalarning charchashga chidamliligini oshirishi tasdiqlandi, polimer modifikatsiyasi iz hosil bo‘lishga qarshilikni sezilarli darajada yaxshilashi isbotlandi, qarish jarayonida fizik-mexanik xossalarning o‘zgarishi asfaltbetonning xizmat muddatiga bevosita ta’sir qilishi aniqlandi, O‘zbekiston iqlim sharoiti uchun yuqori yumshash harorati va yuqori elastiklikka ega modifikatsiyalangan bitumlar eng maqbul variant ekanligi asoslandi.

Olingan natijalar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Yuqori haroratli hududlarda yumshash harorati yuqori bo‘lgan polimer modifikatsiyalangan bitumlardan foydalanish.

2. Sovuq iqlimli hududlarda yuqori cho‘ziluvchanlik va elastiklikka ega bitumlarni qo‘llash.

3. Bitum sifatini baholashda an’anaviy fizik sinovlar bilan bir qatorda DSR, BBR va qarish sinovlarini ham joriy etish.

4. Asfaltbeton aralashmalarini loyihalashda iqlim va transport yuklamalarini hisobga olgan Performance Grade yondashuvini qo‘llash.

5. Mahalliy neft xomashyosidan olinadigan bitumlarni polimer va antioksidant qo‘shimchalar bilan modifikatsiyalash orqali ularning ekspluatatsion xossalarini yaxshilash.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari yo‘l bitumlarining fizik-mexanik xossalarini kompleks baholash asfaltbeton qoplamalarning ekspluatatsion ishonchliligini oshirish,

deformatsiyalarni kamaytirish va avtomobil yo‘llarining xizmat muddatini uzaytirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, polimer modifikatsiyalangan bitumlardan foydalanish zamonaviy transport yuklamalari va keskin iqlim sharoitlarida yuqori samaradorlikni ta’minlovchi istiqbolli yo‘nalish sifatida tavsiya etiladi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot davomida avtomobil yo‘llari qurilishida keng qo‘llaniladigan yo‘l bitumlarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalari ilmiy jihatdan kompleks tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari bitumning penetratsiya darajasi, yumshash harorati, cho‘ziluvchanligi, qovushqoqligi, elastikligi, yopishish qobiliyati va qarishga chidamliligi asfaltbeton qoplamalarining mustahkamligi, deformatsiyaga bardoshliligi hamda uzoq muddatli ekspluatatsion ishonchliligini belgilovchi asosiy omillar ekanligini tasdiqladi. Laboratoriya sinovlari va ilmiy adabiyotlar tahlili asosida bitumning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari bilan yo‘l qoplamalarining ekspluatatsion xususiyatlari o‘rtasida uzviy bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi. Xususan, yuqori penetratsiya qiymatiga ega bitumlar past haroratlarda elastikligini yaxshi saqlasa-da, yuqori haroratlarda plastik deformatsiyaga moyilligi ortishi kuzatildi. Aksincha, yumshash harorati yuqori bo‘lgan bitumlar issiq iqlim sharoitlarida iz hosil bo‘lishga nisbatan yuqori qarshilik ko‘rsatdi. Bu esa bitum tanlashda ekspluatatsiya hududining iqlim sharoitlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Tadqiqot davomida polimer modifikatsiyalangan bitumlarning an’anaviy neft bitumlariga nisbatan sezilarli ustunliklarga ega ekanligi ilmiy jihatdan asoslandi. Xususan, bunday bitumlar yuqori elastiklik, yaxshi yopishqoqlik, yuqori yumshash harorati, past haroratlarda yoriqqa chidamlilik hamda qarish jarayoniga nisbatan yuqori barqarorlikni namoyon etdi. Natijada asfaltbeton qoplamalarining xizmat muddati uzayishi, ta’mirlash xarajatlarining kamayishi va transport harakati xavfsizligining oshishi ta’minlanadi. Bitumning qarish jarayonini tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, oksidlanish natijasida uning molekulyar tuzilishi o‘zgaradi, qattiqligi ortadi va elastikligi kamayadi. Ushbu jarayon asfaltbeton qoplamalarda termik hamda charchash yoriqlarining paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Shu bois antioksidant qo‘shimchalar va zamonaviy polimer modifikatorlardan foydalanish bitumning uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligini oshirishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Tahlillar natijasida O‘zbekistonning keskin kontinental iqlimi sharoitida bitum tanlashda faqat an’anaviy fizik ko‘rsatkichlarga emas, balki uning reologik va ekspluatatsion xususiyatlariga ham alohida e’tibor qaratish zarurligi aniqlandi. Zamonaviy laboratoriya usullari, jumladan Dynamic Shear Rheometer (DSR), Bending Beam Rheometer (BBR), Rolling Thin Film Oven (RTFO) va Pressure Aging Vessel (PAV) sinovlarini sifat nazorati tizimiga keng joriy etish yo‘l qoplamalarining xizmat muddatini prognoz qilish imkoniyatini sezilarli darajada oshiradi. Xulosa qilib aytganda, yo‘l bitumlarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini chuqur o‘rganish avtomobil yo‘llarining mustahkamligi, ishonchliligi va xizmat muddatini oshirishning ilmiy asosini tashkil etadi. Zamonaviy modifikatsiyalangan bitumlardan foydalanish, xalqaro standartlarga mos laboratoriya sinovlarini joriy etish hamda mahalliy iqlim sharoitlariga mos materiallarni tanlash yo‘l qurilishi sohasining barqaror rivojlanishiga, iqtisodiy samaradorlikni oshirishga va transport infratuzilmasini modernizatsiya qilishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Read J., Whiteoak D. The Shell Bitumen Handbook. 6th Edition. London: ICE Publishing, 2015.
2. Speight J. G. The Chemistry and Technology of Petroleum. 5th Edition. CRC Press, 2014.
3. Asphalt Institute. MS-2 Asphalt Mix Design Methods. Lexington, USA, 2015.
4. Asphalt Institute. MS-4 Asphalt Handbook. 7th Edition. Lexington, 2020.
5. ASTM D5/D5M-20. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials.
6. ASTM D36/D36M-14. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus).
7. ASTM D113-17. Standard Test Method for Ductility of Asphalt Materials.
8. ASTM D4402. Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt Binder.
9. AASHTO M320. Performance-Graded Asphalt Binder Specification.
10. EN 12591:2009. Bitumen and Bituminous Binders – Specifications for Paving Grade Bitumens.
11. SHRP-A-369. Binder Characterization and Evaluation. Strategic Highway Research Program. Washington D.C.
12. Hunter R. N., Self A., Read J. The Shell Bitumen Handbook. Thomas Telford Publishing.
13. Roberts F. L., Kandhal P. S., Brown E. R., Lee D. Y., Kennedy T. W. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction. NAPA Research and Education Foundation.
14. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligi. Avtomobil yo‘llarini loyihalash va qurish bo‘yicha me’yoriy hujjatlar. Toshkent, 2023.
15. O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi. Avtomobil yo‘llarida sifat nazoratini tashkil etish bo‘yicha metodik tavsiyalar. Toshkent, 2022.
16. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. Transport infratuzilmasini rivojlantirish va avtomobil yo‘llari tarmog‘ini modernizatsiya qilishga oid farmon va qarorlari.
17. Abdukarimov B., Qodirov A. Yo‘l qurilish materiallari. Toshkent: O‘qituvchi, 2021.
18. Karimov Sh., Rasulov M. Asfaltbeton va bitum materiallari texnologiyasi. Toshkent: Fan va texnologiya, 2022.
19. Mirzayev A. Avtomobil yo‘llarini qurish texnologiyasi. Toshkent: Tafakkur, 2020.
20. International Road Federation (IRF). World Road Statistics 2024. Geneva, 2024.