NAMLIK YUQORI HUDUDLARDA TURLI XIL ANTISHTRIPPING AGENTLAR BILAN MODIFIKATSIYALANGAN ASFALTNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ULARNING TO‘LDIRUVCHILAR BILAN NAMLIKKA SEZGIRLIGINI EKSPERIMENTAL O‘RGANISH

M.J.Maxmudov
Buxoro davlat texnika universiteti
A.A.Saloydinov
Buxoro davlat texnika universiteti
J.B.Sayfulloyev
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Asfalt qoplamalarining xizmat muddatini qisqartirishning asosiy sabablaridan biri eroziya va namlikning asfalt aralashmalariga yemiruvchi ta’siridir. Asfalt qoplamalarini namlik ta’sirida buzilishidan himoya qilishning keng tarqalgan usuli asfalt aralashmalariga yopishqoqlikka qarshi moddalarni (ASA) qo‘shishdir. Biroq, asfaltning fizik-kimyoviy xossalariga antifriksion moddalarning ta’sir etish qonuniyati va mexanizmi hali to‘liq aniqlanmagan. Ushbu tadqiqotda ASA bilan modifikatsiyalangan asfaltning (AMA) optimal miqdorini aniqlash uchun uning fizik xususiyatlari taqqoslandi hamda reologik va adgezion xossalari o‘rganildi. Rolikli shisha idish usuli va suvga botirish usuli asosida uch xil o‘lchamli zarrachalarga ega bo‘lgan AMAlarning namlikka sezuvchanligi tadqiq etildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yedirilishga qarshi vositalar yordamida asfaltni o‘zgartirish fizik modifikatsiya hisoblanadi. Yedirilishga qarshi vositalarning eng maqbul miqdori (0,3%) qo‘llanganda, AMA1 ning asosiy fizik xususiyatlari eng yaxshi natijalarni ko‘rsatdi. ASA2 asfaltning yuqori haroratdagi deformatsiyaga chidamliligini 46 % ga oshirdi, AMA3 esa past haroratda eng yaxshi ko‘rsatkichlarga erishdi. ASAlar asfalt bog‘lovchi tarkibidagi dispers va qutbli komponentlarni kuchaytirib, asfaltning yopishqoqlik energiyasini yaxshiladi. AMA3 agregatga eng kuchli yopishqoqlikni namoyon qildi, bu esa yopishqoqlik ishining 2,8 baravarga va yer qiymatining 45 foizga oshishiga olib keldi. Buning sababi ASA3 tarkibida ko‘p miqdordagi metall kationlari va qutbli funksional guruhlar mavjudligi edi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ASAlar 9,5-13,2 millimetrli zarrachalardan iborat asfalt qorishmalarining yedirilishga qarshi xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshiladi. Amidli ASA, fosfatli ASA va alifatik aminli ASA asfaltning suv ta’siriga chidamliligini mos ravishda 65%, 45% va 78% ga oshirdi. Ushbu tadqiqot muhandislarga turli xil ASAlarning asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta’sirini anglashga va xizmat ko‘rsatish talablariga muvofiq eng mos ASA turini tanlashga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: asfalt; antiseptik vosita; namlikka sezgirlik; reologik xususiyatlar; sirt erkin energiyasi; tasvirlarni raqamli qayta ishlash

ISSN 3030-3907

Аннотация: Одной из основных причин сокращения срока службы асфальтовых покрытий является разрушающее воздействие эрозии и влаги на асфальтовые смеси. Распространенным методом защиты асфальтового покрытия от повреждения влагой является добавление антипригарных веществ (АСК) в асфальтовые смеси. Однако закон и механизм действия антифрикционных веществ на физико-химические свойства асфальта до сих пор до конца не выяснены. В этом исследовании сравнивались физические свойства АСУ, а также изучались реологические и адгезионные свойства, чтобы определить оптимальное количество АСУ, модифицированного АСУ (АМА). Чувствительность АМА к влаге с частицами трех разных размеров была исследована на основе метода роликовых бутылок и метода погружения. Результаты исследования показали, что изменение асфальта с помощью противоядия-это физическая модификация. Основные физические свойства AMA1 показали наилучшие результаты при применении оптимального количества противоядия (0,3%). ASA2 повысил устойчивость асфальта к высокотемпературной деформации на 46%, в то время как AMA3 показал лучшие результаты при низких температурах. Пчелы улучшили энергию вязкости асфальта за счет усиления дисперсных и полярных компонентов в связующем асфальте.ые физические свойства AMA1 показали наилучшие результаты при применении оптимального количества противоядия (0,3%). ASA2 повысил устойчивость асфальта к высокотемпературной деформации на 46%, в то время как AMA3 показал лучшие результаты при низких температурах. Пчелы улучшили энергию вязкости асфальта за счет усиления дисперсных и полярных компонентов в связующем асфальте. AMA3 продемонстрировал самую сильную адгезию к агрегату, что привело к увеличению вязкости в 2,8 раза и стоимости земли на 45 процентов. Это связано с тем, что ASA3 содержит большое количество катионов металлов и полярных функциональных групп. Исследования показали, что пчелы значительно улучшили противоядие от асфальтовых смесей, состоящих из частиц размером 9,5-13,2 миллиметра.то связано тем, что ASA3 содержит большое количество металлов и полярных функциональных групп. Исследования показали, что пчелы значительно улучшили противоядие от асфальтовых смесей, состоящих из частиц размером 9,5-13,2 миллиметра. Амидный АСК, фосфатный АСК и алифатический аминный АСК повысили водостойкость асфальта на 65%, 45% и 78% соответственно. Это исследование поможет инженерам осознать влияние различных факторов на физико-химические свойства асфальта и выбрать наиболее подходящий тип ASA в соответствии с требованиями сферы обслуживания.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: асфальт; антисептик; чувствительность к влаге; реологические свойства; свободная энергия поверхности; цифровая обработка изображений

Annotation: One of the main reasons for reducing the service life of asphalt coatings is the corrosive effect of erosion and moisture on asphalt mixtures. A common way to protect asphalt coatings from moisture exposure is to add anti-adhesion substances (ASA) to asphalt mixtures. However, the law and mechanism of action of antifricating substances on the physicochemical properties of asphalt has not yet been fully determined. This study compared ASA with its physical properties to determine the optimal amount of modified asphalt (AMA), and studied rheological and adgesion properties. On the basis of the roller glass bottle method and the method of immersion in water, the sensitivity of AMAs to moisture with particles of three different sizes was investigated. The results of the study showed that changing asphalt using anti-wear agents is a physical modification. When the optimal amount of anti-absorption agents (0.3%) was applied, the basic physical properties of AMA1 showed the best results. ASA2 increased asphalt's resistance to high-temperature deformation by 46%, while AMA3 achieved its best performance at low temperatures. The bees enhanced the dispersion and polar components in the asphalt binder, improving the adhesive energy of the asphalt.hen the optimal amount of anti-absorption agents (0.3%) was applied, the basic physical properties of AMA1 showed the best results. ASA2 increased asphalt's resistance to high-temperature deformation by 46%, while AMA3 achieved its best performance at low temperatures. The bees enhanced the dispersion and polar components in the asphalt binder, improving the adhesive energy of the asphalt. AMA3 showed the strongest adhesion to the aggregate, which led to a 2.8-fold increase in adhesive work and a 45-percent increase in ground value. This was because ASA3 contained large amounts of metal cations and polar functional groups. Studies have shown that bees have significantly improved the anti-absorption properties of asphalt mixtures consisting of particles of 9.5-13.2 millimeters.his was because ASA3 contained large amounts of metal cations and polar functional groups. Studies have shown that bees have significantly improved the anti-absorption properties of asphalt mixtures consisting of particles of 9.5-13.2 millimeters. Acid-containing ASA, phosphate-containing ASA, and aliphatic Amine ASA increased the water-exposure resistance of asphalt by 65%, 45%, and 78% respectively. This research will help engineers to realize the impact of various bees on the physicochemical properties of asphalt and choose the most suitable type of ASA in accordance with the requirements of Service.

Keywords: asphalt; antiseptic agent; moisture sensitivity; rheological properties; surface free energy; digital image processing

ISSN 3030-3907

Kirish.

Asfalt aralashmalari uzoq vaqt davomida namlik va atmosfera yog‘inlari ta’sirida bo‘ladi va ularning suv bilan o‘zaro ta’siri bog‘lanishning buzilishiga olib keladi, bu esa o‘z navbatida asfalt aralashmasining to‘kilishiga sabab bo‘ladi [1]. Bundan tashqari, suv qoplama qatlamining to‘shama qatlami va asos qatlami bilan adgeziyasini ham susaytiradi, butun yo‘l asosi qoplamasi tizimining yuk ko‘tarish xususiyatlarini susaytiradi va shu tariqa ko‘chirish, yumshatish, teshiklar, chuqurchalar va boshqa kasalliklarni keltirib chiqaradi. Bu jarayon asfalt qoplamasining namdan shikastlanishi deb yuritiladi [2,3]. Asfalt aralashmalarining buzilishiga olib keladigan omillardan ba’zilari material xususiyatlari [4], aralashma bo‘shliqlari va bog‘liqligi [5] va gidravlik yuvilish [6]. Umuman olganda, suv ta’sirida yuzaga keladigan asfalt qorishmalarining buzilish shikastlanishi asosan ikki holatga bo‘linadi: asfalt-agregat chegarasining adgezion shikastlanishi va asfaltning ichki kogezion shikastlanishi. Namlik ta’sirida shikastlanish hodisasi qoplamaning xizmat muddatini jiddiy yomonlashtiradi va ijtimoiy va iqtisodiy resurslarning katta yo‘qotilishiga olib keladi. Shuning uchun qoplamalarning hayot siklini uzaytirish uchun asfaltning namga chidamliligini kamaytirish kerak.

Agregat turi asfalt qorishmasining ho‘llanuvchanligi bilan bog‘liq bo‘lib, asfaltning yopishqoqlik xususiyatlariga jiddiy hissa qo‘shadi. Asfalt-agregat chegarasining ishlashida asosiy rol o‘ynaydigan asfalt komponenti asfalt hisoblanadi, chunki u agregatdagi mineral komponentlar bilan turli darajada o‘zaro ta’sirlashadi: $MgO > CaO > Al_2O_3 > SiO_2$ [7]. SiO_2 miqdori yuqori bo‘lgan to‘ldiruvchilar (masalan, granit, qumtosh) SiO_2 miqdori kam bo‘lgan to‘ldiruvchilarga (masalan, bazalt, ohaktosh) qaraganda yomonroq adgezion xususiyatlarga ega. Bu asfaltda mavjud bo‘lgan anion komponentining kremniyli to‘ldiruvchilar bilan zaif bog‘lanish qobiliyati bilan bog‘liq bo‘lib, uni to‘ldiruvchilar bilan birgalikda suv bilan osongina almashtirish mumkin [8]. Suv bilan to‘ldirilgan sharoitlarda asfalt qorishmalarining buzilishga chidamliligini oshirish uchun odatda noorganik mineral kukunlar to‘ldiruvchi yoki qo‘shimchalar sifatida ishlatiladi, masalan, so‘ndirilgan ohak, sement va nano-gil, ularning arzonligi va yaxshi ishlashi natijasida. Biroq, haqiqiy muhandislik qo‘llash jarayonida noorganik mineral kukuni murakkab, chunki ta’sir barqaror emas. Bundan tashqari, asfaltning reologik xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatadigan asfalt aglomeratsiyasi hodisasi ham tez-tez uchraydi, bu esa ko‘p sonli asfalt aralashmalarida yorilib ketishga qarshi xususiyatlarni yaxshilash uchun yaroqsiz bo‘lib qolishiga olib keladi. Bundan tashqari, boshqa tadqiqotchilar polietilen [9] va polivinilxlorid [10] kabi polimerlar ham asfalt aralashmalarining suvga chidamliligini oshirishda foydali bo‘lishi mumkinligini aniqladilar. Biroq, ular asfaltning namlikka chidamliligini yaxshilash uchun asosiy vosita sifatida

ISSN 3030-3907

ishlatilmagan, chunki ularning yeyilishga qarshi xususiyatlari past va asfalt bog‘lovchilarining boshqa xususiyatlariga ta’sir qiladi.

Yangi suyuq ASA larning dozasi kichik, tannarxi arzon, konstruksiyasi oson va yuqori haroratga chidamli bo‘lganligi uchun so‘nggi yillarda qoplama mashinasozligida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu materiallar organik polimer birikmalar bo‘lib, ular asosan amin sirt-faol moddalar va amin bo‘lmagan sirt-faol moddalarga bo‘linadi [11] va eng ko‘p ishlatiladigan amidlar, yog‘ aminlari, fosfat efirlari va fosfor gidroksil ASAlardir. ASAlarda qutbli va qutbsiz guruhlar mavjud bo‘lib, ular mos ravishda agregat yuzalari va asfaltga kuchli moyillikka ega. ASAlardagi musbat zaryadlangan qutbli guruhlar agregat yuzasining manfiy zaryadiga qarama-qarshi yo‘nalishda tortilib, kuchli adsorbsion effektni ta’minlaydi. U odatda asfalt bog‘lovchi og‘irligining 0,25-0,75% miqdorida ishlatiladi va eritilgan asfalt bog‘lovchiga ham, to‘ldiruvchiga ham qo‘shilishi mumkin [12]. Joel R.M. va boshqalar rezinalangan asfalt aralashmasini ishlab chiqarishda haroratni pasaytirish uchun issiq aralashmali asfalt sirt faol moddasini (asosiy tarkibiy qism natriy alyumosilikat) kiritdilar va nam namunalarning mustahkamligi bilvosita cho‘zilish kuchi sinovlari orqali sezilarli darajada yaxshilanishini aniqladilar. Bu sirt faol moddaning asfalt aralashmalarida namlikning buzilishini kamaytirish imkoniyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, sirt faol modda asfaltning fizik va reologik xususiyatlariga ishlatilgan qo‘shimchaning 0,1-0,5% oralig‘ida deyarli ta’sir ko‘rsatmadi [13]. Shu va boshqalar asfaltga amid va alifatik aminli ASA qo‘shib, ularning adgeziya xususiyatlariga ta’sirini o‘rgandilar va ikkalasi ham asfalt-agregatning adgeziya ishini yaxshilashda samarali ekanligini kuzatdilar. Muzlash-erish davridagi parchalanish natijalari shuni ko‘rsatdiki, ASAlar eskirishdan keyin asfaltning cho‘zilishdagi mustahkamlik koeffitsiyentini (CHMK) 70% dan 80% gacha oshirishga muvaffaq bo‘lgan [14]. Syed Ashik va boshqalar kontakt burchak sinovlari va yarim doiraviy egilish sinovlari yordamida asfalt aralashmalarida turli amin asosidagi modifikatorlarning suv ta’sirida yemirilishini tavsifladilar va amin asosidagi qo‘shimchalarni o‘z ichiga olgan nazorat guruhida sirt erkin energiya sinovlariga muvofiq yuqori o‘rtacha sinish energiyasi va aralashmaning namlikka chidamliligi pasayishi kuzatildi [15]. Afshar A. va boshqalar qayta ishlangan asfalt qoplamasi uchun issiq aralashma asfaltiga amid asosidagi sirtlar kabi qo‘shimchalarni qo‘shdilar va asfalt aralashmalarining suvga chidamliligi va yo‘lga chidamliligi yaxshilanganini aniqladilar [16]. Biroq, ASA organik polimeri namlik ta’sirida buzilish muammosini hal qilish uchun samarali vosita bo‘lib xizmat qildi, turli xil antifriksion agentlardagi kimyoviy tarkibning asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta’siri aniq emas. Bundan tashqari, turli sharoitlarda asfalt qorishmalarining namlikka sezgirligiga anti-stripping vositalarining

ISSN 3030-3907

modifikatsion ta’siri o‘rganilishi kutilmoqda [17]. Bundan tashqari, ko‘pgina tadqiqotlar samaradorlik sinovlari natijalarini taqqoslash uchun bir nechta ASAdan keng foydalanmagan va turli xil ASAlarning asfaltning fizik, kimyoviy va reologik xususiyatlariga ta’siri aniqlanmagan [18]. Bular asfalt aralashmalarida namlik buzilishining oldini olish va qoplamaning umumiy ishlashini ta’minlash uchun ASA tarkibini yanada optimallashtirish uchun o‘rganilishi kerak bo‘lgan asosiy masalalardir.

Shuning uchun ushbu tadqiqotda amid, fosfat efir va yog‘li amin ASAlari tanlab olindi va ushbu uchta ASAning kimyoviy tarkibi rentgenofluoressent spektroskopiya (RFS) va Furye transform infraqizil spektrometri (FTIR) yordamida o‘rganildi. Asfaltning fizik xususiyatlari, jumladan, yumshash harorati, penetratsiyasi va plastikligi ASKning optimal dozasini aniqlash uchun ishlatilgan. Dinamik siljish reometri (DSR) va egiluvchi balka reometri (BBR) dan foydalanib, yuqori va past haroratlarda AMAlarning reologik xususiyatlari baholandi. Sirt erkin energiyasi prinsipi asosida asfaltning yeyilishga qarshi ko‘rsatkichlarini oshirish mexanizmi tahlil qilindi. Asfalt qorishmasining namlikka sezuvchanlik sinovlari (dumalash butilkasi usuli va suvga botirish usuli) dinamik suv va yuqori harorat sharoitlarida AMQning ishlashini baholash uchun raqamli tasvirni qayta ishlash bilan birlashtirildi.

Materiallar va usullar

Ishlatilgan material "Basalt Uzbekistan", Bazalt – tabiiy magmatik tosh bo‘lib, lava sovishi natijasida hosil bo‘ladi. U Yer yuzida keng tarqalgan bo‘lib, o‘z xossalari tufayli bazalt ko‘plab sohalarda, jumladan, qurilish, yo’l qurilishi va sanoatda qo‘llanilmoqda. BND 60/90 (qisqartirilgan AB). 1-jadvalda ABning fizik xossalari haqida batafsil ma’lumotlar keltirilgan. Basalt Uzbekistan konlaridan olib kelingan 4,75-9,5 mm, 9,5-13,2 mm va 13,2-16 mm o‘lchamli bazalt to‘ldirgichlari yig‘ilgan. Ularning bog‘liqlik ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

AB ning fizik xossalari.

Xususiyatlar	Birlik	O‘lchangan qiymatlar	Tekshirish usullari [19]
Penetratsiya (25 °C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	68.7	T0604
Cho‘ziluvchanlik (10 ◦C)	sm	39.2	T0605
yumshash chegarasi	◦C	48.9	T0606
Eruvchanlik (trixloretilen)	%	99.6	T0607

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Agregatlarning fizik xossalari.

Xususiyatlar	Zarracha o‘lchami	Bazalt	Texnik ko‘rsatkichlar	Sinov usullari [20]
Uyulma solishtirma og‘irlik (g sm^{-3})	13.2–16 mm	2.985	≥2.6	T0304
	9.5–13.2 mm	2.978	≥2.6	T0304
	4.75–9.5 mm	2.976	≥2.6	T0304
Suv shimuvchanlik (%)	13.2–16 mm	0.54	≤2.0	T0308
	9.5–13.2 mm	0.67	≤2.0	T0308
	4.75–9.5 mm	0.72	≤2.0	T0308
O’zbekistondagi yuqori namlik hududda ishqalanish (%)		20.9	≤28	T0317
Maydalangan qiymat (%)		16.1	≤26	T0316

Stripingga qarshi vositalar

Asfalt bog‘lovchisining xususiyatlarini o‘zgartirish uchun turli xil asosiy tarkibiy qismlarga ega bo‘lgan uchta tovar antipiren agentlari (ASA) ishlatilgan. ASA1, ASA2 va ASA3 mos ravishda amid, fosfat efir va alifatik amin ASAlariga ishora qiladi. ASAlarning xususiyatlari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

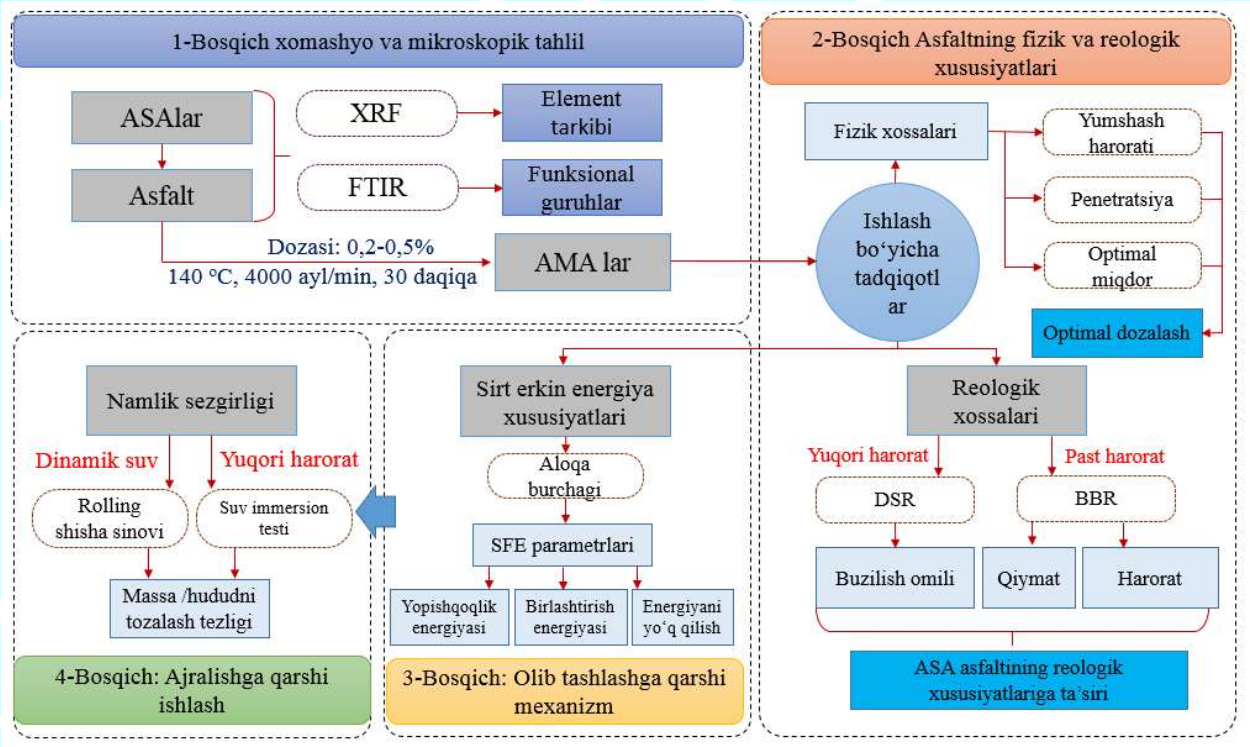
Titilishga qarshi vositalarning xususiyatlari.

Xossalar birliklari	Birliklar	ASA1	ASA2	ASA3
Tashqi ko‘rinishi	/	Qo‘ng‘ir qovushqoq suyuqlik	To‘q jigarrang qovushqoq suyuqlik	Apelsin rang qattiq moddalar kukuni
Zichligi (15 °C)	g·sm^{-3}	1.05	0.95	1.00
Erish harorati	°C	0	-5	60
Qovushqoqlik (100°C)	cst	14	19	/
Chaqnash nuqtasi	°C	>220	>220	/

Eksperiment usullar

1-rasmda turli xil yeyilishga qarshi vositalar bilan modifikatsiyalangan asfaltning ishlashi va ularning to‘ldiruvchilar bilan namlanuvchanligi bo‘yicha tadqiqot dasturi ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Tadqiqot dasturi.

AMA ni tayyorlash uchun eritmalarni aralashtirish usuli qo'llanildi. Ishlab chiqaruvchining tavsiyasiga ko'ra, ASAning asfaltdagi to'rtta dozasi mos ravishda 0,2%, 0,3%, 0,4% va 0,5% qilib belgilangan. Asfalt bog'lovchi 140 °C da oquvchan holatgacha qizdirildi. Shundan so'ng, ASA asfalt bog'lovchiga rezina uchli tomizgich orqali asta-sekin tomizildi va 1000 r/min tezlikda aralashtirildi. O'zgarmas 140 °C haroratda ASA va asfalt bog'lovchisi tezkor qirqish mashinasida 4000 ayl/min tezlikda 30 daqiqa davomida aralashtirildi. Eksperimental o'zgaruvchilarni nazorat qilish uchun xuddi shu tartibda asosiy asfalt bog'lovchi uchun bo'sh namuna yaratildi.

Rentgen-fluoressent spektroskopiya sinovi

Kukunsimon bazalt agregatlari va uchta ASA namunalari Zetium XRF spektrometri yordamida sifat va yarim miqdoriy kimyoviy tahlildan o'tkazildi (Panalytical B.V., Almelo, Niderlandiya). Sinov rentgen-fluoressent spektroskopiya tamoyiliga asoslangan presslangan bo'laklar usuli bilan amalga oshirildi. Elementlar F dan U gacha OMNIC 9.2 standartsiz tahlil dasturi yordamida aniqlandi va tarkibi ppm dan 100% gacha bo'lgan identifikatsiya oralig'ida aniqlandi. Sinov natijalari oksid rejimida taqdim etildi.

Furye o'zgartirish infraqizil spektrometri sinovi

FTIR - bu molekulyar funksional guruhlarni aniqlash usuli bo'lib, u odatda asfalt kabi organik birikmalarni aniqlashda qo'llaniladi. FTIR yordamida ASA bilan asfaltni modifikatsiyalash mexanizmi o'rganildi. AB va AMAlar kaliy bromidni siqish usuli bilan tayyorlandi. 4000-400 sm^{-1} to'lqin soni diapazonida namunalarning infraqizil spektrlari Nicolet iS5 yordamida mos ravishda 32 va 4

ISSN 3030-3907

sm^{-1} da skanerlash soni va aniqlik parametrlari bilan olingan. Shundan so‘ng, infraqizil spektr cho‘qqilarining joylashuvi, shakli va kengligi Omnic 9.2 funksional guruh tahlil dasturi bilan birgalikda kuzatildi.

Agregatlar va ASAlarning elementar tarkibi

Asfalt qorishmalarining ish unumiga to‘ldiruvchilarning kimyoviy tarkibi katta ta’sir ko‘rsatadi. ASKning kimyoviy tarkibi asfaltni modifikatsiya qilishda muhim rol o‘ynaydi. 5-jadvalda agregat va ASA uchun rentgenografiya natijalari keltirilgan. Asfaltga agregat moyilligi parametri sifatida ishqoriylik (CaO/SiO tarkibining nisbati) ishlatilgan. Bazaltning ishqoriyligi past bo‘lib, 0,27 ni tashkil etdi, bu esa bazalt to‘ldiruvchilarining kislotali ekanligini va namlik yuqori bo‘lgan muhitda asfalt bilan zaif bog‘lanishga ega bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. U agregat yuzasining kremniyli minerallari gidroksil guruhlarining katta miqdoriga ega ekanligi bilan bog‘liq bo‘lib, ular asfaltga qaraganda suv bilan kuchliroq vodorod bog‘larini hosil qiladi. Shuning uchun asfalt-agregat chegarasida suv asfalt o‘rnini bosishga intiladi. ASAlardagi qutbli kation uchlari va agregat yuzasi o‘rtasidagi ionli bog‘lanish o‘zaro ta’siri kuchli anti-stripping ta’siriga ega. ASA1 tarkibida turli xil metall va metallmas elementlar mavjud bo‘lib, S, Fe va Cr ning yuqori miqdori mos ravishda 19,4%, 24,5% va 7,9% ni tashkil qiladi. Ushbu metall elementlarning yuqori miqdori asfaltda namlikning buzilishini to‘xtatishga yordam berishi ko‘rsatilgan. ASA2 asosan metallmas elementlardan iborat bo‘lib, 57,8% S elementlari va 27,2% P atomlaridan tashkil topgan. ASA3 ning asosiy tarkibiy qismlari metall elementlardir. Ushbu metall ionlari va geteroatomlari bilan asfalt va agregat o‘rtasidagi qutbli o‘zaro ta’sirlarning kuchayishi fazalararo adgeziyaning yaxshilanishiga sabab bo‘ladi.

4-jadval.

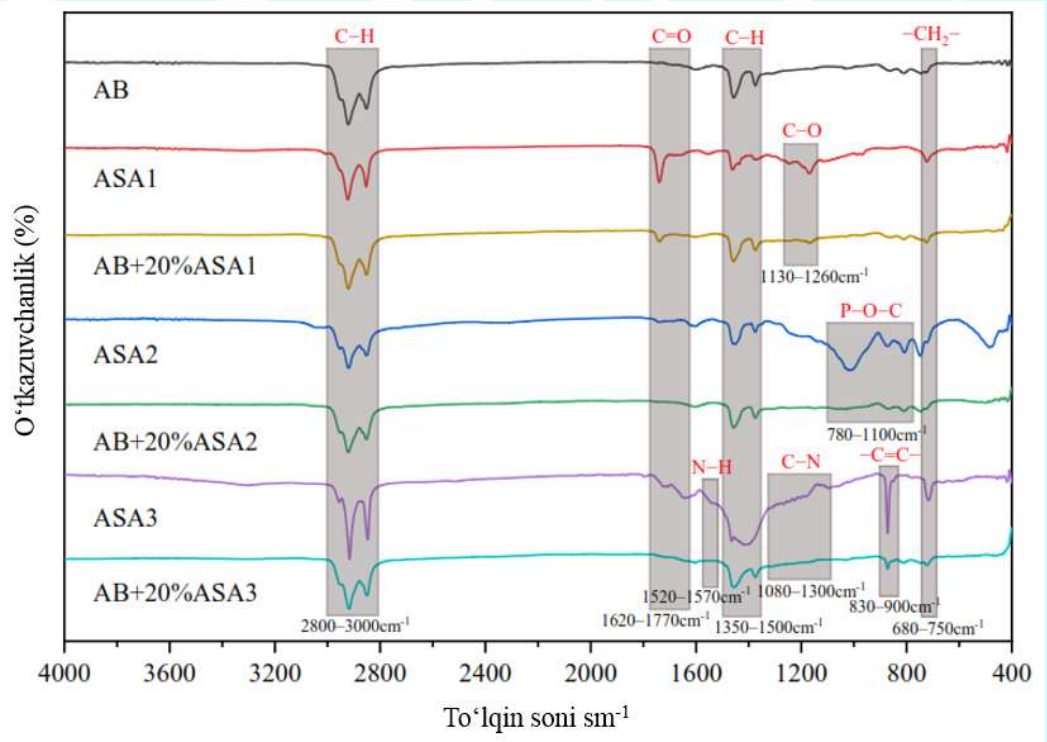
Agregat va ASAlarning kimyoviy tarkibi.

Komponent (%)	Bazalt	ASA1	ASA2	ASA3
Na_2O	4,98	11,900	3,888	0,286
Al_2O_3	16,11	4,753	2,656	0,473
SiO_2	38,36	7,391	1,311	0,980
P_2O_5	0,352	6,501	27,161	0,046
SO_3	0,395	19,433	57,812	0,251
Cl	0,27	15,805	5,364	0,085
Fe_2O_3	19,34	24,487	1,808	0,439
CaO	10,39	/	/	96,129
MgO	7,19	/	/	1,138
Cr_2O_3	0,085	7,947	/	/
Boshqalar	2,528	1,783	/	0,171

ISSN 3030-3907

ASAlarning kimyoviy tarkibiy qismlari

4-rasmda AB va AMAlarning FTIR spektrlari keltirilgan. 4-rasmdagi uchta ASAning IQ xarakteristikasi polosalarini alohida taqqoslaganda, 2800-3000 sm^{-1}, 1350-1450 sm^{-1} va 723 sm^{-1} to‘lqin sonli diapazonlarda jami oltita yuqori mos keluvchi xarakteristik cho‘qqilar topildi. 2920 sm^{-1}, 2852 sm^{-1}, 1461 sm^{-1} dagi xarakterli cho‘qqilar mos ravishda metilenda C – H ning asimmetrik va simmetrik cho‘zilishi va tebranishi hamda tekislikdagi egilish tebranishining paydo bo‘lishi bilan bog‘liq. Metildagi C – H ning asimmetrik cho‘zilish va simmetrik egilish tebranishlarini mos ravishda 2959 sm^{-1} va 1373 sm^{-1} da aniqlash mumkin. Metilen zanjirining (- (CH_2) n -) ($n \geq 4$) segmenti 723 sm^{-1} da sinergik harakat qiladi. Natija shuni ko‘rsatadiki, uch turdagi ASAlar orasida alkanlar, aromatik uglevodorodlar va ularning hosilalari mavjud bo‘lishi mumkin.



2-rasm. ASAlarning FTIR spektrlari, AB ASAlarni qo‘shishdan oldin va keyin.

Bundan tashqari, 6-jadvalda ASAlarning 400-4000 sm^{-1} diapazondagi infraqizil xarakteristik cho‘qqilari ko‘rsatilgan. ASA1 amidli ASAlarga tegishli bo‘lib, uchlamchi aminlarda C=O tebranishi 1660 sm^{-1} da markazlashgan cho‘qqiga to‘g‘ri keldi. Uchlamchi amidda amin guruhlarining ham, C=O ning ham yutilish cho‘qqilari metilen bilan yutilganlarga qaraganda kuchsizroq edi, bu esa ASAda amidning uzun alkil zanjiri mavjudligini ko‘rsatadi, bu asfalt bilan yaxshiroq mos kelishi mumkin. Amiddagi qutbli guruhlarning adsorbsiyasi asfalt-agregat chegarasida yuqori mustahkam bog‘ hosil bo‘lishida rol o‘ynadi. Bundan tashqari, ASA1 dagi qolgan yutilish cho‘qqilari karbon kislotalar, benzol halqalari, aromatik oksidlar va alifatik efirlar mavjud bo‘lishi mumkinligini anglatadi. ASA2

ISSN 3030-3907

fosfat kislota efiri ASA bo‘lib, uning yutilish cho‘qqilari 1200 sm^{-1}, 1013 sm^{-1} va 808 sm^{-1} da bo‘lib, fosfat kislota efirlarining infraqizil xarakterli yutilish cho‘qqilariga mos keladi. ASA2 tarkibida aromatik efirlar mavjud bo‘lishi mumkinligi haqidagi qo‘shimcha dalillar 3028, 1741, 1604 va 872 sm^{-1} o‘lchamdagi yutilish cho‘qqilaridan olingan. ASA3 - alifatik ikkilamchi amin ASA bo‘lib, ASA3 ga xos funksional guruhlar 3310 sm^{-1}, 1554 sm^{-1} va 1095 sm^{-1} da markazlashgan cho‘qqilarga to‘g‘ri keldi. ASA3 tarkibida karbon kislota va amid mavjudligi 1643 va 1719 sm^{-1} da C=O uchun xos bo‘lgan cho‘qqilar bilan ko‘rsatildi. Bundan tashqari, 1182-1315 sm^{-1} dagi yuqori chastotali cho‘qqi chiziqlari benzol halqasidagi C-N ning cho‘zilgan tebranishi bilan bog‘liq. 1,4 para-almashingan benzol halqasining cho‘zilish rejimi 871 sm^{-1} da aniqlandi. Bundan tashqari, ASA3 tarkibida karbon kislotalar va amidlar bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatildi. Ushbu qutbli guruhlar asfalt-agregat chegarasidagi elektrostatik o‘zaro ta’sirga eng ko‘p hissa qo‘shadi va chegaraning sinishini oldini olishi mumkin.

5-jadval.

ASAlarning maxsus yutilish sohalari.

ASA1		ASA2		ASA3	
To’lqin soni sm^{-1}	Funksional guruh	To’lqin soni sm^{-1}	Funksional guruh	To’lqin soni sm^{-1}	Funksional guruh
1739	ν (C=O ning karbon kislota)	3028	ν (C – H ning benzol halqasi)	3310	ν (N – H yog‘li ikkilamchi aminlar
1660	ν (C=O ning uchlamchi amidlar	1741	ν (C=O ning aromatik efirlar	1719	ν (C=O ning karbon kislota)
1551	ν (C=C ning benzol halqasi	1604	ν (C=C ning benzol halqasi)	1643	ν (C=O amid)
1247	ν (C – O ning aromatik oksidlar)	1200	ν (P=O ning fosfatli efir)	1554	β (N – H yog‘ ikkilamchi aminlari)
1170	ν_{as} (C – O – C yog‘li efirlar)	1013	ν_{as} (P – O – C ning fosfatli efir)	1315-1182	ν (C – N ning aromatik halqa)

ISSN 3030-3907

		872	ν (Benzol halqasidan meta-almashingan)	1095	ν (C – N yog‘li ikkilamchi aminlar)
		808	ν_{as} (P – O – C ning fosfat kislota efiri	871	ν (benzol halqasidan para-almashingan)

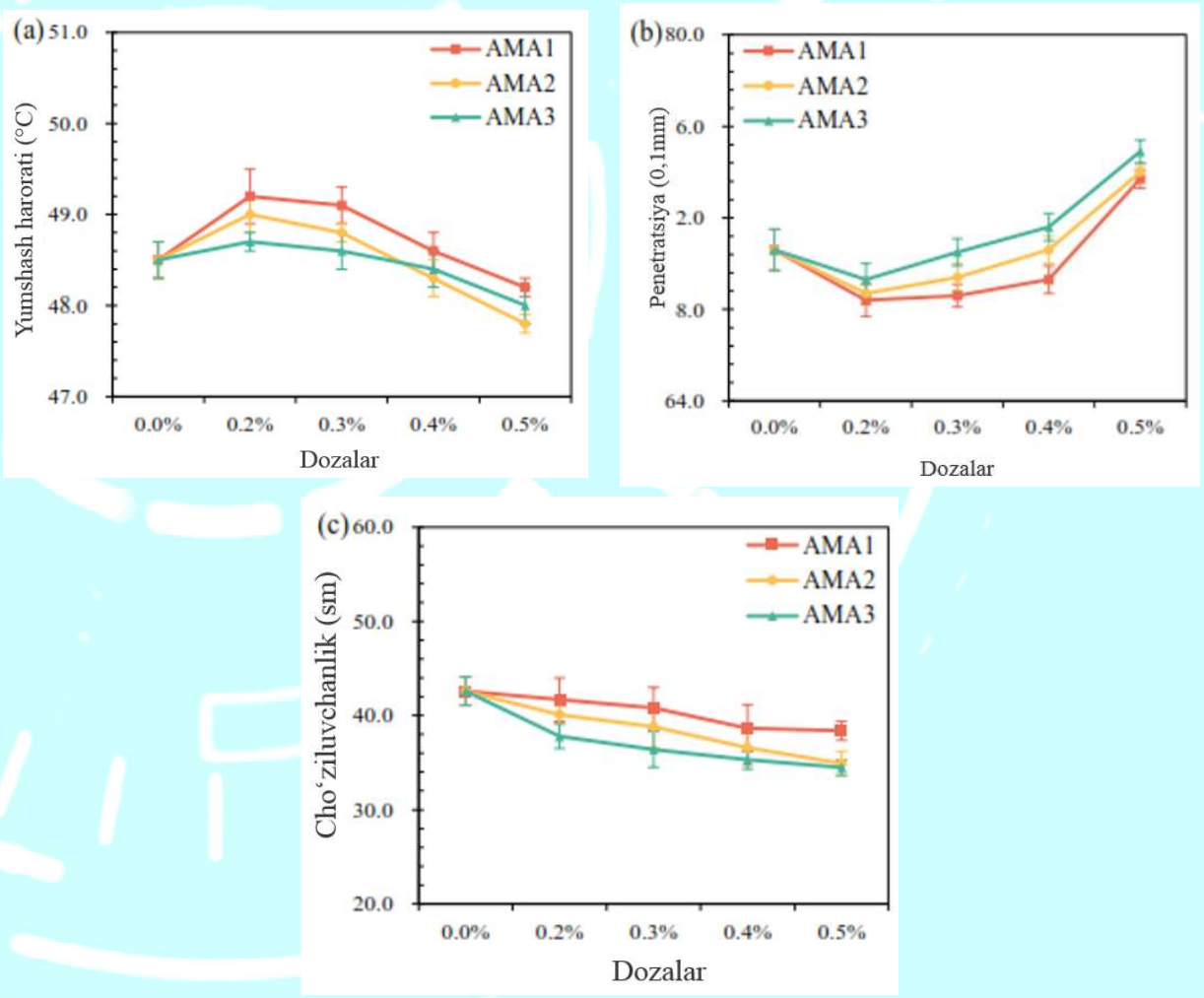
Ikki modda o‘rtasidagi o‘zaro reaksiyani o‘rganish uchun ASKning katta dozasi bilan modifikatsiyalangan asfaltning infraqizil spektrogrammasi o‘rganildi. AB ning FTIR spektrlari bilan taqqoslaganda, tarkibida ASA bo‘lgan asfaltning FTIR spektrlari murakkabroq edi. 3-rasmda 20% ASA1 bilan qoplangan asfaltga tegishli to‘rtta yutilish cho‘qqisi aniqlandi. ASA2 qo‘shilgan modifikatsiyalangan asfaltda AB bilan taqqoslaganda ν_{as} (fosforli efirning P–O–C) infraqizil xarakteristik cho‘qqisini kuzatish mumkin. Bundan tashqari, yog‘li ikkilamchi amin ASA asfalt tarkibiga ko‘proq o‘xshaydi va faqat para-almashgan benzol halqasining cho‘zilgan tebranishini kuzatish mumkin, bu asfalt bilan yaxshiroq birlashtirilishi mumkin. Umuman olganda, modifikatsiyalangan asfaltda asfalt bog‘lovchisi va ASA tarkibidagi yutilish chiziqlaridan tashqari qo‘shimcha yutilish chiziqlari topilmadi. Bu ularda kimyoviy reaksiya umuman yo‘qligini ko‘rsatdi.

ASAlar asfaltning fizik xossalariga ta’siri

3-rasmda ASKning har xil turlari va dozalari bilan qo‘shilgan asfaltning fizik xususiyatlari keltirilgan. ASA dozasining oshishi bilan AMAlarning yumshash nuqtasi oshdi va keyin pasaydi, avval penetratsiya kamaydi va keyin yaxshilandi, egiluvchanlik pasayishda davom etdi. ASAlar kichik dozalarda asfaltning xususiyatlariga deyarli ta’sir qilmadi, ammo asfaltda issiqlik oksidlanish eskirishi yuqori tezlikda siljish jarayonida sodir bo‘ldi, bu penetratsiya va egiluvchanlikning pasayishiga va yumshash haroratining oshishiga olib keldi. ASAlar asfaltning harorat xarakteristikalarini biroz yomonlashtirdi. Bu, asosan, qo‘shilgan ASA tarkibidagi benzol halqasining tuzilishi natijasida yuzaga keldi, bu esa asfaltenning asfaltga dispergirlovchi ta’sirini kuchaytirdi. 5a-rasmda ko‘rsatilganidek, barcha uchta ASA 0,2% dozada maksimal yumshash nuqtasini ko‘rsatdi va kichikdan kattagacha yumshash nuqtasi AMA3 < AMA2 < AMA1 ni tashkil etdi, bunda AMA1 1,4% ga oshdi. 3b-rasmda AMAlar 0,2% dozada minimal kirib borishni ko‘rsatdi va ularning ta’sirining kattaligi yumshatish nuqtasi natijalariga mos keldi, ular orasida AMA1 3,1% ga kamaydi. ASAlar asfaltning qovushqoqligini pasaytirdi, oquvchanligini oshirdi va yuqori harorat ko‘rsatkichlarini pasaytirdi. 5v-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ASA1 asfaltning plastikligiga eng kam ta’sir ko‘rsatdi, undan keyin ASA2 va nihoyat ASA3. Xulosa qilib aytganda, AMA1

ISSN 3030-3907

uchta AMA orasida eng yaxshi jismoniy xususiyatlarga ega edi, undan keyin AMA2. Bundan tashqari, uchta ASAning dozasi sifatida 0,3% ni tanlash orqali AMAlar yaxshiroq jismoniy xususiyatlarni va samarali anti-stripping ko‘rsatkichlarini ta’minlash uchun keyingi sinovlarni o‘tkazish uchun tayyorlandi.

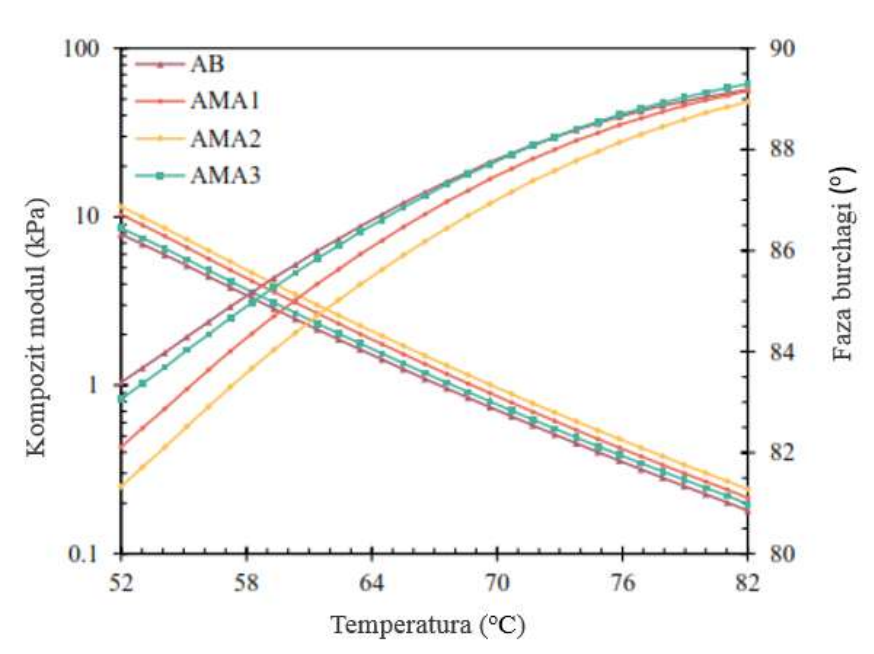


3-rasm. ASA dozalarining AMA fizik xossalariga ta’siri: (a) 25 ˚C gacha yumshash; (b) penetratsiya; (c) 10 ˚C cho‘ziluvchanlik.

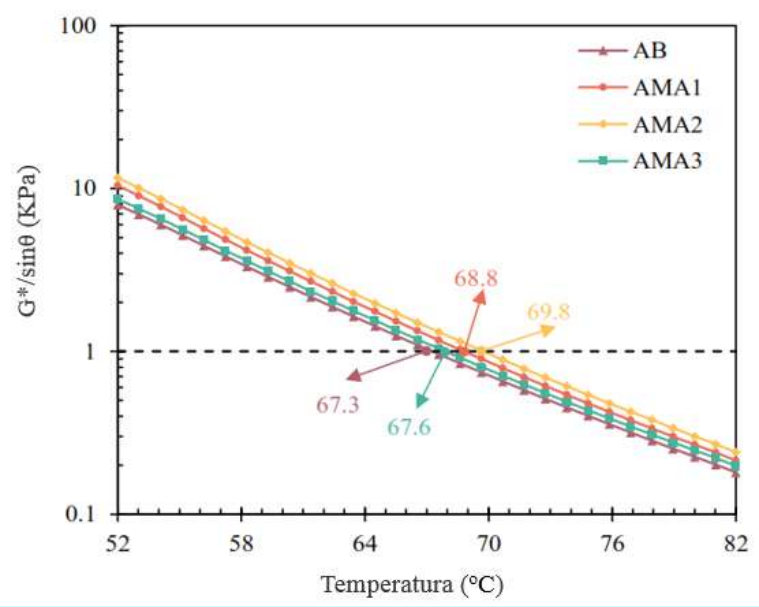
ASA asfaltga modifikator sifatida qo‘shildi, bu esa asfaltning reologik xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ularning reologik xususiyatlarini 52-82 ºC harorat oralig‘ida baholash uchun uchta AMAning DSR sinovlari qo‘llanildi. 4-rasmda AMA va AB larning kompozit siljish moduli (G*) va faza burchagi (δ) keltirilgan. To‘rtta asfalt namunasi uchun G* harorat oshishi bilan asta-sekin kamaydi, δ esa asta-sekin oshdi. Bu shuni anglatadiki, asfaltning elastik komponentining foizi kamayadi va materialning charchashga chidamliligi asta-sekin yomonlashadi. 5-rasmda turli AMAlar uchun harorat bilan rutting koeffitsiyentining egri chiziqlari ko‘rsatilgan. Barcha uchta AMAning rutting omillari ABga qaraganda kattaroq edi: AMA1 rutting omili 31% ga oshdi; eng katta o‘sish AMA2 uchun 46% kuzatildi; va AMA3 rutting omili atigi 8,5% ga oshdi. SHRP buzilish harorati sifatida G* / sin δ = 1 kPa haroratni belgilaydi. AB, AMA1, AMA2 va AMA3 ning buzilish haroratlari mos ravishda 67,28 ºC, 68,83 ºC, 69,76

ISSN 3030-3907

°C ni tashkil etdi, bu shuni anglatadiki, ASA2 asfalt uchun doimiy deformatsiya xavfini sezilarli darajada kamaytirdi va ASA1 yaxshilanish ta'siriga ega bo'ldi. Bundan tashqari, asfaltning yuqori haroratli reologik xususiyatlariga ASA3 biroz ta'sir ko'rsatdi.



4-rasm. G* va δ AB va A



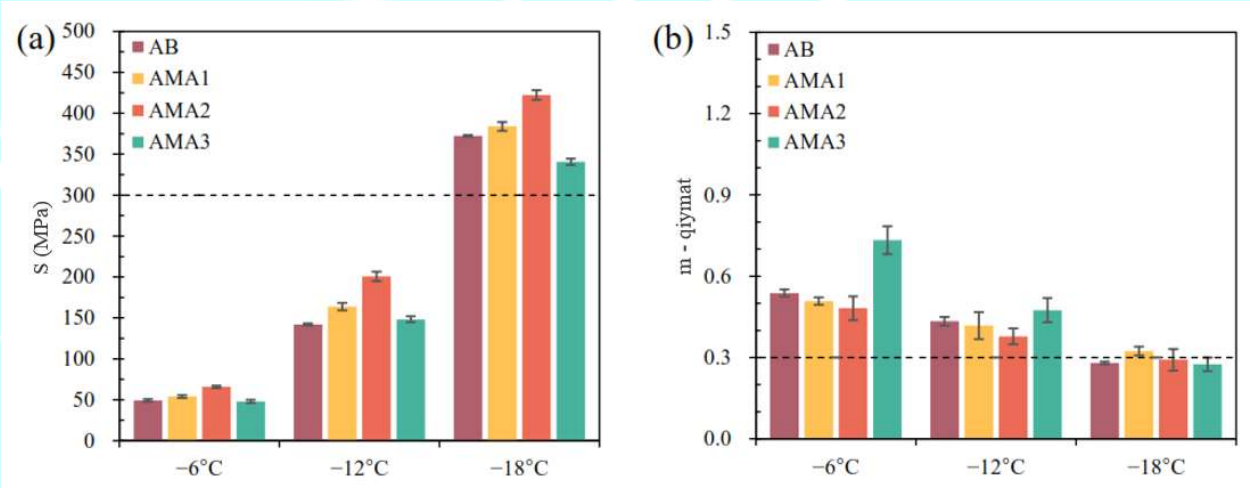
5-rasm. AB va AMAlarning tebranish koeffitsiyenti

Past haroratli reologik xususiyatlar

6-rasmda AB va AMA asfaltlarining past haroratdagi S va m qiymatlari ko'rsatilgan. To'rtta asfaltning S qiymatlari harorat pasayishi bilan ortgan, m qiymatlari esa asta-sekin kamaygan. Bundan tashqari, –18 °C da S qiymati 300 MPadan yuqori, m qiymati esa 0,3 dan past bo'lgani sababli SHRP talablari bajarilmagan. Bu esa AB va AMA asfaltlari –18 °C da past haroratli ishlash sharoitida buzilishini anglatadi. Shuni ta'kidlash joizki, S va m qiymatlari

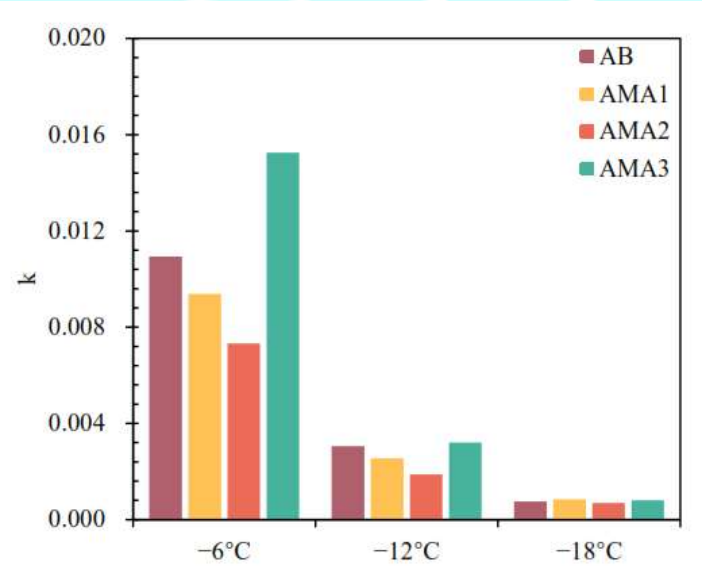
ISSN 3030-3907

o‘zgarishining turli naqshlarga ega bo‘lishi sababli, asfaltning reologik xususiyatlarini to‘liq tahlil qilish uchun k = m/S ko‘rsatkichi ishlatilgan. k qiymati asfaltning past haroratdagi xususiyatlari bilan to‘g‘ri proporsionaldir. –6 °C, –12 °C va –18 °C haroratlarda asfaltlarning k qiymatlari 6-rasmda ko‘rsatilgan. AB va AMA asfaltlarining k qiymatlari –6 °C va –12 °C da bir xil tartibda joylashgan: AMA3 > AB > AMA1 > AMA2. Ammo bu tartib –18 °C da o‘zgaradi, chunki harorat yanada past bo‘lganda asfaltlarning xatti-harakati farq qiladi. Eng muhim farq har bir namunadagi k qiymatida –6 °C da kuzatildi. AB bilan solishtirganda, AMA3 ning k qiymati 39 % ga oshdi, AMA1 va AMA2 ning k qiymatlari esa mos ravishda 14 % va 33 % ga kamaydi. 6-jadvalda asfaltning buzilish harorati ko‘rsatilgan bo‘lib, u asfaltning S va m qiymatlariga mos keluvchi 300 MPa va 0,3 dagi chiziqli moslashuvdan keyingi haroratni bildiradi. Pastroq buzilish harorati asfaltning past haroratdagi reologik xususiyatlari yaxshiligini anglatadi. AMA1 va AMA2 asfaltlarning buzilish haroratlari ABnikidan mos ravishda 4 % va 11 % yuqori edi. Biroq ASA3 asfaltning buzilish haroratini 5 % ga kamaytirdi. Shunday qilib, ASA1 va ASA2 asfaltning past haroratdagi deformatsiyaga qarshilik xususiyatini pasaytiradi, ASA3 esa bu borada ijobiy ta’sir ko‘rsatadi, deb xulosa qilish mumkin.



6-rasm. AB va AMA larning S va m qiymatlari: (a) S; (b) m - qiymat.

ISSN 3030-3907



7-rasm. Past haroratdagi AB va AMA larning k-qiymati.

6-jadval.

Past haroratda asfaltning buzilish harorati.

Namunalarni sinash	AB	AMA1	AMA2	AMA3
Moslashish harorati S (°C)	-16.2	-15.6	-14.4	-17.0
m-qiymatning o‘rnatish harorati (°C)	-17.5	-19.7	-17.3	-17.1
Buzilish harorati (°C)	-16.2	-15.6	-15.6	-17.0

Sirt erkin energiyasini tahlil qilish

Optimal dozalash asosida modifikatsiyalangan asfalt tayyorlandi va ASKlar yordamida asfalt-agregat chegarasida yaxshilangan adgezion xususiyatlarning mexanizmini tahlil qilish uchun sirt erkin energiyasi qo‘llanildi. 7-jadvalda uchta zondlovchi suyuqlikning asfalt bilan hosil qilgan kontakt burchaklari ko‘rsatilgan. 8-jadvalda AB va AMA sirt energiya komponentlari ko‘rsatilgan. AB va AMAlarning qutblilik komponentlari dispersiya komponentlariga qaraganda ancha kichik bo‘lib, bu asfaltning kuchsiz qutbli material ekanligini ko‘rsatadi. ASAlar qo‘shilgandan so‘ng, AMAlarning dispersiya komponentlari biroz oshdi. Bundan tashqari, AMA1, AMA2 va AMA3 ning qutblilik komponentlari mos ravishda 2,4, 2,11 va 5,42 mJ/m^2 gacha oshdi va qutblilik komponenti dispersiya komponentiga qaraganda yuqori o‘sishga ega bo‘ldi. Shuni ta’kidlash kerakki, AMA3 ning qutbli komponent tarkibi asosiy asfaltga qaraganda 2,8 baravar yuqori. Bu esa ASAlarning ta’sir mexanizmi asfalt bog‘lovchi tarkibidagi qutbli komponentni oshirish ekanligini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907

7-jadval.

Turli namunalarning 20 °C dagi kontakt burchaklari qiymatlari.

Tekshiruv suyuqliklari	AB		ASA1 MAB		ASA2 MAB		ASA3 MAB	
	Avg. (°)	SD. (°)	Avg.(°)	SD. (°)	Avg.(°)	SD. (°)	Avg.(°)	SD. (°)
Suv	104.0	0.5	105.1	0.1	104.4	0.6	93.4	0.3
Glitserin	102.1	0.3	101.7	0.5	101.1	0.4	92.6	0.3
Formamid	88.8	0.7	85.5	0.6	88.6	0.1	79.4	0.2

Eslatma: O‘rt = o‘rtacha; va SD = o‘rtacha kvadratik og‘ish.

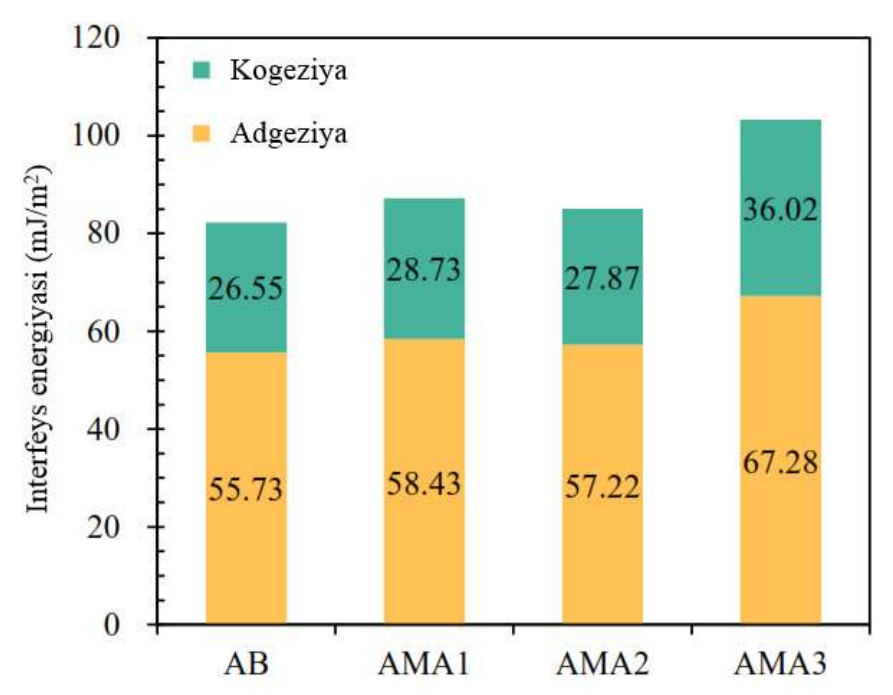
8-jadval.

Agregat va AMAlarning SFE komponentlari.

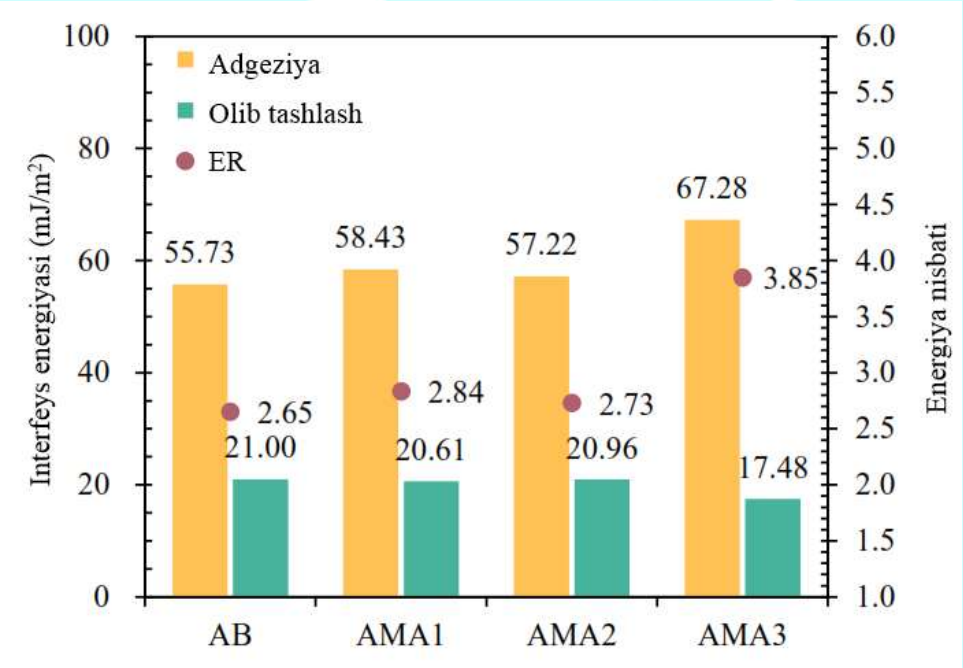
Namunalar	Bazalt	AB	AMA1	AMA2	AMA3
γ_s^d (mJ/m^2)	38.74	11.34	11.97	11.82	12.59
γ_s^p (mJ/m^2)	24.63	1.94	2.40	2.11	5.42
γ_s (mJ/m^2)	63.38	13.28	14.37	13.93	18.01

8-rasmda AB va AMAlarning yopishish energiyasi (W_{ad}) va kohezion energiyasi (W_{co}) ko‘rsatilgan. Qolgan AMAlar bilan taqqoslaganda, AMA3 eng yuqori W_{ad} qiymatiga ega bo‘lib, u ABnikidan 20,7% yuqori, W_{co} esa 35,7% ga, ya’ni 36,02 mJ/m² ga yuqori bo‘lgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ASA3 asfaltning ichki birikuvchanlik (kohezion) xossalarini ham, agregat bilan interfeysdagi yopishishini ham yaxshilashi mumkin. 11-rasmda asfaltning suv muhitidagi qoplama (stripping) ishi va ER qiymatlari ko‘rsatilgan. AMAlarning qoplama energiyasi ABnikidan pastroq bo‘lgan, bu esa ASA qo‘shilgandan so‘ng asfalt–agregat interfeysida suv ta’sirida yuz beruvchi ajralish osonligi kamayganini va aralashmaning namlikka sezgirligi yaxshilangani-ni anglatadi. AMA3 ning qoplama energiyasi 17,48 mJ/m² bo‘lib, bu uning AMA1 va AMA2 ga nisbatan suv ta’sirida ajralishga kamroq moyilligini bildiradi. AB va AMAlarning ER qiymatlarini solishtirganda, AMA1 va AMA2 ning ER qiymatlari mos ravishda 7% va 3% ga oshgan, AMA3 ning ER qiymati esa 45% ga oshgan. Molekulyar darajada bu holat ASA3 ning amin guruhi bilan agregat sirtidagi silanol guruhi orasidagi yopishish bilan izohlanadi. Agregat yuzasidagi silanol guruhlar asfalt va agregat o‘rtasida yanada kuchli bog‘ hosil qilgan. SFE (sirt erkin energiyasi) natijalari shuni ko‘rsatadiki, ASAlarning suv ta’sirida ajralishga qarshi (anti-stripping) samaradorligini oshirish mexanizmi asfaltning sirt erkin energiyasini va asfalt–agregat interfeysining yopishish energiyasini oshirishda, interfeysdagi ajralish energiyasini kamaytirishda namoyon bo‘ladi. Natijada asfaltning kohezion xususiyati va yopishish samarasi yaxshilanadi. Uchta ASAning namlik ta’siridagi asfalt shikastlanishiga qarshi ta’sirini kuchaytirish tartibi quyidagicha: AMA3 > AMA1 > AMA2.

ISSN 3030-3907



8-rasm. AB va AMAlarning adgeziya va kogeziya energiyasi.

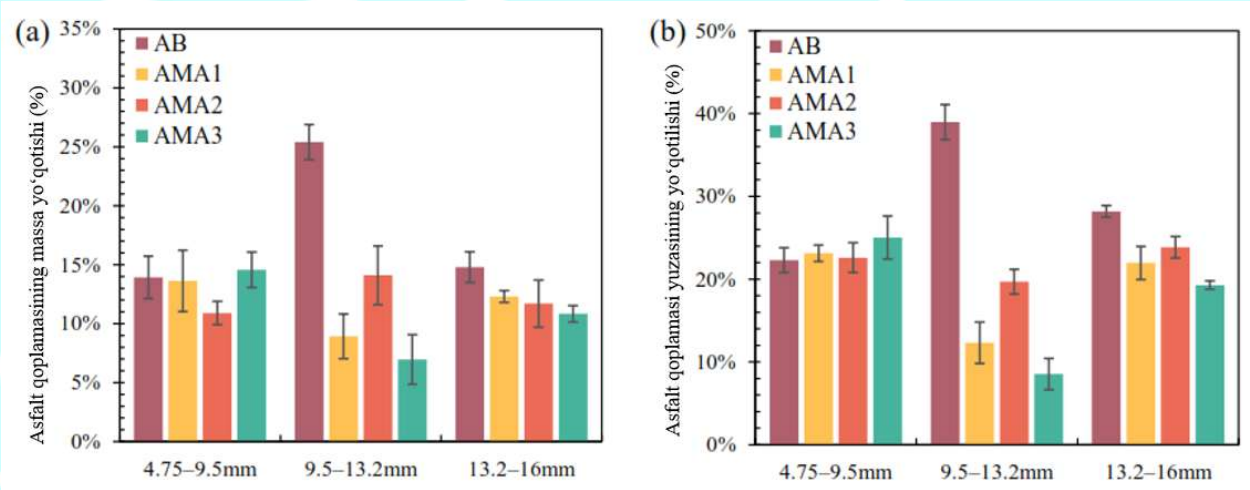


9-rasm. AB va AMAlarning namlikka sezuvchanlik indekslari.

10-rasmda dinamik suv sharoitida turli o‘lchamdagi agregatlar uchun asfaltni ko‘chirish tezligi natijalari ko‘rsatilgan. Zarracha o‘lchami 9,5 dan 13,2 mm gacha bo‘lgan to‘ldiruvchilar yordamida tayyorlangan aralashmalarning dinamik suvli muhitda eng kuchli buzilishi AB bog‘lovchi sifatida ishlatilganda kuzatildi. Qorishmaning asfalt plyonka massasini yo‘qotish darajasi 25,4% gacha, asfaltni ko‘chirish maydonining foizi esa 39% gacha bo‘lgan. ASAlarning qo‘shilishi bu ikki ko‘rsatkichni sezilarli darajada pasaytirdi. Bu AMA3 da yaqqol namoyon bo‘ldi, unda massaviy va maydon bo‘yicha bo‘shatish tezligi mos ravishda 7,0% va 8,5% gacha kamaydi. Uchta AMA orasida AMA2 asfaltni

ISSN 3030-3907

tozalash bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkichga ega edi. Uning asfalt massasini ko‘chirish tezligi AB ga nisbatan 10% dan ko‘proqqa kamaydi, bu tendensiya maydonning ko‘chirish tezligi natijalariga mos bo‘lib qoldi. Biroq, ASAlar 13,2-16 mm o‘lchamdagi zarrachalar aralashmasi uchun suv bilan zararlanishga chidamlilikning cheklangan yaxshilanishini ko‘rsatdi.

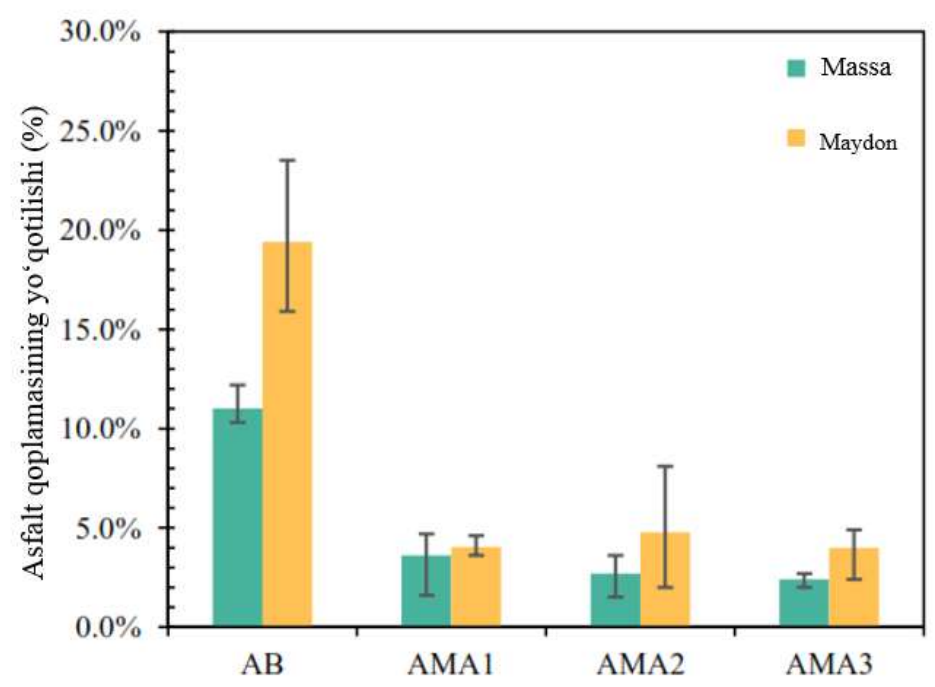


10-rasm. Turli o‘lchamdagi zarrachalar aralashmasining asfaltdan tozalanish tezligi: (a) massa; (b) maydon.

4,75-9,5 mm o‘lchamli zarrachali asfalt qorishmalari uchun AB va AMAlar o‘rtasida asfaltni ko‘chirish tezligida deyarli farq bo‘lmadi, u faqat 3% ga yuqoriga va pastga o‘zgarib turdi. Bu shuni ko‘rsatdiki, ASAlar dinamik suv muhitida 4,75-9,5 mm o‘lchamli asfalt qorishmalarining yedirilishga qarshi ko‘rsatkichlarini yaxshilashga ta’sir ko‘rsatmadi. Ushbu faktlarga asoslanib, har uchala ASA dinamik suv muhitida 9,5-13,2 mm o‘lchamli asfalt qorishmalarining yopishqoqlikka qarshi ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada oshirishi va 13,2-16 mm o‘lchamli to‘ldiruvchilarning yopishqoqlik ko‘rsatkichlarini biroz yaxshilashi, 4,75-9,5 mm o‘lchamli to‘ldiruvchilarning yopishqoqligiga kamroq ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Bu asfalt-agregat chegarasini yaxshilashga yetarlicha ta’sir ko‘rsatmagan bir xil dozada katta solishtirma yuzaga va kichik ASA ta’sir maydoniga ega bo‘lgan agregatlarning kichik o‘lchamlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Agregatning kattaroq zarracha o‘lchami kattaroq individual massaga ega bo‘lsa-da, aralashma orasidagi agregat dumalash idishi sinovida yuqori ishqalanish kuchlanishini keltirib chiqaradi. Aralashmaning ajralib chiqishga qarshi ko‘rsatkichlariga bu ta’sir namlikni ajratib olish ta’siridan yuqori edi, shuning uchun katta o‘lchamli agregatlar uchun ishlatilganda AMAlarning ajralib chiqishga qarshi ko‘rsatkichlari cheklangan edi. Bundan tashqari, 9,5-13,2 mm o‘lchamli agregatlarning namlikka sezgirligi bo‘yicha ASA3 eng yaxshi yaxshilanishni ko‘rsatdi, undan keyin ASA1 turadi. Natijalar sirt erkin energiyasi natijalariga mos keldi.

ISSN 3030-3907

ASAlar 9,5-13,2 mm o‘lchamli asfalt qorishmalariga eng sezilarli ta’sir ko‘rsatganligi sababli, yuqori haroratlarda asfalt qorishmalarining buzilishga chidamliligiga ASAlarning ta’sirini yanada aniqlash uchun tadqiqot obyekti sifatida 9,5-13,2 mm o‘lchamli to‘ldiruvchi ishlatildi. 11-rasmda uning yuqori harorat va gidrostatik muhitda asfaltning buzilish tezligi ko‘rsatilgan. Asosli asfalt bilan taqqoslaganda, AMA1, AMA2 va AMA3 ning massa bo‘shatish tezligi mos ravishda 67,2%, 75,4% va 78% ga kamaydi va ularning maydon bo‘shatish tezligi taxminan 79% ga sezilarli darajada kamaydi. Ushbu hodisaning sababi agregat yuzasida minerallarning tarqalishi, mikrog‘ovaklik taqsimoti va burchak xususiyatlari sirt yopishqoqligini belgilaydi deb hisoblangan. ASA qo‘shilgandan so‘ng, asfalt va to‘ldiruvchi qutbli guruhlar orqali chegarada mustahkam bog‘lanishni hosil qiladi va yopishqoqlik endi to‘ldiruvchi yuzasining morfologiyasiga bog‘liq bo‘lmaydi.



11-rasm. Asfalt bog‘lovchi va AMAlarning massa va maydon yo‘qotilishi.

Yuqorida tavsiflanganidek, barcha uchta ASM bilan tayyorlangan asfalt aralashmalari asfalt-agregat chegarasida hosil bo‘ladigan buzilishlarni kamaytirishga va asfalt aralashmasining namlikka sezgirligini sezilarli darajada kamaytirishga qodir edi. Taqqoslaganda, ASA3 asfalt bog‘lovchilarining namlikka sezgirligi eng yaxshi yaxshilanishini ko‘rsatdi va ASA2 eng yomon bo‘ldi. Bu natija sirt erkin energiyasi va dumalash butilkasi sinovlari natijalariga mos keldi.

Xulosalar

Ushbu tadqiqotda asosiy maqsad amid, fosfat efir va yog‘li amin ASAlarining kimyoviy tarkibini o‘rganish va ularning anti-stripping mexanizmlarini tahlil qilishdan iborat edi. ASA dozasining asfaltning fizik va reologik xususiyatlariga ta’siri muhokama qilindi va dinamik suv va yuqori harorat

ISSN 3030-3907

sharoitida AMAlarning ko‘chishga qarshi xususiyatlari tavsiflandi. Quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

•ASA1 ning asosiy elementlari Fe, S va Cl dir. ASA2 asosan P va S kabi metallmas elementlardan tashkil topgan. Infraqizil spektr natijalariga asoslanib, AB va ASA o‘rtasida kimyoviy reaksiya deyarli yo‘qligi ma’lum va ASA mexanizmini fizik modifikatsiya sifatida tasniflash mumkin.

•ASAlarning optimal dozasi 0,3% ni tashkil etadi, bu asfaltning fizik xususiyatlari bilan belgilanadi. ASA1 eng yaxshi asosiy fizik xususiyatlarga ega va ASA2 eng yaxshi yuqori haroratli deformatsiyaga chidamli bo‘lib, asosiy asfaltga nisbatan 46% ga oshadi. ASA3 asfaltning past haroratli ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilaydi, 5% ga yaxshilanadi.

•ASAlar asfaltda dispersiya va qutblilik komponentlarini oshiradi. Asfaltning adgeziya energiyasi yaxshilanadi va buzilish energiyasi kamayadi. ASA3 tarkibida ko‘p miqdorda metall kationlari va qutbli amin guruhlari mavjud bo‘lib, ular qutbli komponentni 2,8 marta va ER qiymatini 45% ga oshirdi. Ushbu indekslarning o‘sishi ASA1 va ASA2 ga qaraganda sezilarli darajada yuqori.

•Yirik to‘ldiruvchilarning boshqa o‘lchamdagi zarrachalariga nisbatan ASAlar 9,5-13,2 mm o‘lchamdagi bazaltning namlikka chidamliligiga eng yaxshi modifikatsion ta’sir ko‘rsatadi. Turli sinov sharoitlarida asfalt-agregat chegarasini modifikatsiyalovchi ASA1, ASA2 va ASA3 adgezion xossalari mos ravishda 65%, 45% va 70% ga yaxshilanadi.

Ushbu tadqiqot natijalari antifriksion agentning har bir tarkibiy qismining ta’sir mexanizmini va uning ko‘p sharoitlarda modifikatsiyalangan asfalt ko‘rsatkichlarini o‘rganish uchun asos bo‘lib, muhandislarga turli xil antifriksion agentlarning asfaltning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ta’sirini tushunishga va xizmat talablariga muvofiq antifriksion agentning to‘g‘ri turini tanlashga yordam beradi. Biroq, sidirilishga qarshi vositalar va ular bilan bog‘liq adgeziya modellarining yo‘qligi ushbu maqolani asfalt-agregat chegarasida sidirilishga qarshi vositalarning adgeziya mexanizmini o‘rganishda to‘liq emasligini ko‘rsatadi. Kelajakda olib boriladigan ilmiy-tadqiqot ishlarida asfaltning xossalariga antifriksion agentning har bir komponentining ta’siri va uning bog‘lanish mexanizmini molekulyar dinamika modellari va boshqa kompyuter vositalari bilan birgalikda o‘rganish bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar o‘tkazish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Guo, F.C.; Pei, J.Z.; Zhang, J.P.; Li, R.; Liu, P.F.; Wang, D. Study on Adhesion Property and Moisture Effect between SBS Modified Asphalt Binder and Aggregate Using Molecular Dynamics Simulation. Materials 2022, 15, 6912. [CrossRef] [PubMed]

ISSN 3030-3907

2. Eltwati, A.; Jaya, R.P.; Mohamed, A.; Jusli, E.; Al-Saffar, Z.; Hainin, M.R.; Enieb, M. Effect of Warm Mix Asphalt (WMA) Antistripping Agent on Performance of Waste Engine Oil-Rejuvenated Asphalt Binders and Mixtures. Sustainability 2023, 15, 3807. [CrossRef]
3. Hu, X.Y.; Wang, X.W.; Zheng, N.X.; Li, Q.; Shi, J.Y. Experimental Investigation of Moisture Sensitivity and Damage Evolution of Porous Asphalt Mixtures. Materials 2021, 14, 7151. [CrossRef]
5. Brondani, C.; Faccin, C.; Specht, L.P.; Nummer, A.V.; Pereira, D.D.; Vestena, P.M.; Baroni, M. Evaluation of Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures: Influence of Aggregates, Visual Analysis, and Mechanical Tests. J. Mater. Civ. Eng. 2023, 35, 04022433. [CrossRef]
6. Chen, S.Y.; Adhikari, S.; You, Z.P. Relationship of Coefficient of Permeability, Porosity, and Air Voids in Fine-Graded HMA. J. Mater. Civ. Eng. 2019, 31, 04018359. [CrossRef]
7. Tu, C.Z.; Luo, R.; Huang, T.T. Numerical Simulation of Moisture Diffusion in the Microstructure of Asphalt Mixtures. Materials 2023, 16, 2504. [CrossRef]
8. Zhang, G.H.; Qiu, J.H.; Zhao, J.Z.; Wei, D.B.; Wang, H. Development of Interfacial Adhesive Property by Novel Anti-Stripping Composite between Acidic Aggregate and Asphalt. Polymers 2020, 12, 473. [CrossRef]
9. Mei, A.D.; Fusco, R.; Moroni, M.; Fiore, N.; Fontinovo, G.; D'Andrea, A. Affinity between Bitumen and Aggregate in Hot Mix Asphalt by Hyperspectral Imaging and Digital Picture Analysis. Coatings 2021, 11, 648. [CrossRef]
10. Mahpour, A.; Alipour, S.; Khodadadi, M.; Khodaii, A.; Absi, J. Leaching and mechanical performance of rubberized warm mix asphalt modified through the chemical treatment of hazardous waste materials. Constr. Build. Mater. 2023, 366, 130184. [CrossRef]
11. Ziari, H.; Nasiri, E.; Amini, A.; Ferdosian, O. The effect of EAF dust and waste PVC on moisture sensitivity, rutting resistance, and fatigue performance of asphalt binders and mixtures. Constr. Build. Mater. 2019, 203, 188–200. [CrossRef]
12. Lucas, J.L.O.; Da Silva, L.S.V.; Rocha, W.S.; Babadopulos, L.; Soares, J.B. Effects of rheology and adhesiveness of asphalt binders to different substrates on the resistance to moisture conditioning. J. Adhes. 2022, 98, 1937–1956. [CrossRef]
13. Corrales-Azofeifa, J.; Archilla, A.R.; Miranda-Arguello, F.; Loria-Salazar, L. Effects of moisture damage and anti-stripping agents on hot mix asphalt

ISSN 3030-3907

dynamic modulus. Road Mater. Pavement Des. 2020, 21, 1135–1154. [CrossRef]
14. Wang, W.Y.; Cheng, H.L.; Sun, L.J.; Sun, Y.R.; Liu, N. Multi-performance evaluation of recycled warm-mix asphalt mixtures with high reclaimed asphalt pavement contents. J. Clean. Prod. 2022, 377, 134209. [CrossRef]
15. Shu, S.; Zhuang, C.; Zhao, S.; Hao, Y.; Guo, H.; Ye, Y. Study of Anti-Stripping Measures to Improve the Adhesion of Asphalt to Granite Aggregates. Coatings 2022, 12, 1954. [CrossRef]
16. Ali, S.A.; Zaman, M.; Ghabchi, R.; Rahman, M.A.; Ghos, S.; Rani, S. Effect of additives and aging on moisture-induced damage potential of asphalt mixes using surface free energy and laboratory-based performance tests. Int. J. Pavement Eng. 2022, 23, 285–296. [CrossRef]
17. Yousefi, A.A.; Haghshenas, H.F.; Underwood, B.S.; Harvey, J.; Blankenship, P. Performance of warm asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement, an anti-stripping agent, and recycling agents: A study using a balanced mix design approach. Constr. Build. Mater. 2023, 363, 129633. [CrossRef]
18. Wang, F.H.; Huang, T.; Xin, G.F.; Mu, M.H.; Shen, Q.J. Study on Conventional and Rheological Properties of Corn Stalk Bioasphalt/PPA Composite Modified Asphalt. Adv. Civ. Eng. 2021, 2021, 7928189. [CrossRef]

ISSN 3030-3907