



1. Lu X., Isacson U., Ekblad J. “Phase separation of SBS polymer modified bitumens // Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 11, 1999, p. 51-57.
2. Read J., Whiteoak D., The Shell Bitumen handbook. Shell Bitumen, Fifth edition, 2003, pp. 85-87.
3. Becker Y., Mendez M.P., Rodriguez Y. Polymer modified asphalt. Vision Tecnologica 2001; 9(1):39-50.
4. Tayfur S., Ozen H., Aksoy A. Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers. Construction and Building Materials 2007; 21(2): 328-337.
5. Burenina, O.N., Kopylov, V.E., Andreeva, A.V. *et al.* Prospects for the Use of Sulfur for the Modification of Road Bitumen and Production of Asphalt Concrete from Local Raw Materials with an Improved Set of Technical Properties. *Inorg. Mater. Appl. Res.* **14**, 1082–1087 (2023).
6. O‘rmonjonov Azizbek Muhammadjon o‘g‘li. (2025). INKLYUZIV TA’LIMNING MOHIYATI, MAQSADI VA RIVOJLANISH TENDENSIYALARI. (2025). *Kelajak o‘qituvchisi - Kelajak Bunyodkori*, 1(2), 701-710.
7. Tursunov Ramziddin Abdixalil-o‘g‘li. (2025). JAMIYAT HAYOTIDA IJTIMOIIY ONG VA MA’NAVIYAT UYG‘UNLIGI. *TA’LIM VA TARAQQIYOT*, 4(4), 324-330.

GKSB-1, GMSB-1 VA GDSB-1 MARKALI BITUMLARNING REOLOGIK O‘RGANISHLAR NATIJALARI

Beknazarov Xasan Soyibnazarovich (TDV), t.f.d., professor,
+9894-617-37-62, E-mail: hasan74@mail.ru
Turyev Fayzulla Tojiyevichning (QDTU)
+99894-135-87-80, E-mail: fayzulla@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu tezisda tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, GKS-1, GMS-1 va GDS-1 modifikatorlari bilan modifikatsiyalangan bitum yuqori qattqlik, elastiklik va cho‘kishga chidamlilikni ta’minlaydi. Modifikatsiyaning samaradorligi modifikator turiga, uning miqdoriga va sinov sharoitlariga bog‘liq. Ayniqsa, yuqori harorat va past harakat tezligi sharoitida EVA modifikatori eng yaxshi natijalarni beradi. Ushbu natijalar yo‘llar uchun mos bitum turlarini tanlashda muhim ahamiyatga ega va asfalt qoplamalarining uzoq muddatli ishlashini yaxshilash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar. Bitum, oltingugurt, asfalt, kaltsiy karbonat, uglerod-oltingugurt, koks, smola.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕОЛОГИИ БИТУМОВ МАРОК ГКСБ-1, ГМСБ-1 И ГДСБ-1

Аннотация. В данной работе Исследования, представленные в данной диссертации, показывают, что битум, модифицированный модификаторами ГКС-1, ГМС-1 и ГДС-1, обеспечивает высокую твердость, эластичность и устойчивость к проседанию. Эффективность модификации зависит от типа модификатора, его количества и условий испытаний. Особенно при высоких температурах и низких скоростях движения наилучшие результаты дает модификатор ЭВА. Эти результаты важны для выбора подходящих типов битума для дорожных покрытий и позволяют улучшить долгосрочные эксплуатационные характеристики асфальтобетонных покрытий.

Ключевые слова. Битум, сера, асфальт, карбонат кальция, сероуглерод, кокс, деготь.

RESULTS OF RESEARCH OF RHEOLOGY OF BITUMENS OF GRADES GKSB-1, GMSB-1 AND GDSB-1

Abstract. The research presented in this dissertation demonstrates that bitumen modified with GKS-1, GMS-1, and GDS-1 modifiers provides high hardness, elasticity, and resistance to subsidence. The effectiveness of the modification depends on the type of modifier, its quantity, and test conditions. The EVA modifier provides the best results, particularly at high temperatures and low speeds. These results are important for selecting appropriate types of bitumen for road surfaces and can improve the long-term performance of asphalt concrete pavements.

Keywords. Bitumen, sera, asphalt, calcium carbonate, carbon dioxide, coke, degot..



Reologik tadqiqotlar davomida modifikatsiyalangan bitumlarning deformatsiyaga chidamliligi va elastik xususiyatlarini baholash uchun doimiy siljish kuchlanishi (P) sharoitida sinovlar o’tkazildi. Ushbu yondashuv vaqt o’tishi bilan materialning deformatsiya xatti-harakatlarini kuzatishga imkon beradi va bitumning mexanik xususiyatlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.



1-rasm. Bitumlarning reologik xossalarini o’rganishga namunalarni tayyorlash.

Siljish kuchlanishi va tezligi o’lchovlari: Sinovlar davomida bitum qatlamining qalinligi siqish tezligi sifatida o’lchanib, siljish tezligi gradientining qiymati hisoblandi. Bu parametrlar bitumning deformatsiyaga nisbatan qattiqligini, moslashuvchanligini hamda yuqori va past haroratlardagi chidamliligini aniqlash imkonini beradi. Siljish kuchlanishi orqali bitumning reologik xatti-harakatlari, xususan, uning uzoq muddatli ekspluatatsiya davomida deformatsiyaga moyilligi aniqlanadi.

Tahlil natijalari: Reologik o’lchovlar natijalari modifikatsiyalangan bitumlarning yuqori haroratlarda termik barqarorlikka, past haroratlarda esa elastiklik va moslashuvchanlikka ega ekanligini tasdiqladi. Bu ko’rsatkichlar modifikatsiyalangan bitumlarning yuqori sifatli va uzoq muddatli yo’l-qoplamalarini yaratish uchun juda mos ekanligini ko’rsatadi.

Ushbu tadqiqotlar shuni ko’rsatadiki, modifikatsiyalangan bitumlar haroratning keskin o’zgarishlariga bardosh bera oladi va deformatsiyaga qarshi chidamliligi bilan ajralib turadi. Bu esa ularni yuqori sifat talab qilinadigan inshootlar, jumladan, avtomobil yo’llari, aeroport maydonlari va sanoat platformalari uchun ideal material sifatida belgilaydi. Mazkur natijalar reologik tadqiqotlarning material sifatini baholashda qanday muhim rol o’ynashini ham yana bir bor isbotlaydi.

$$V = \Delta \varepsilon / \Delta t$$

Siqilish tezligini bitum qatlamining qalinligiga bo’lish orqali hosil qilingan koeffitsient (a) kesish tezligi gradientining miqdorini aniqlaydi. Bu ko’rsatkich materialning ichki qatlamlari o’rtasidagi deformatsiya tarqalishini va kesish kuchlanishiga qanday javob berishini baholashda muhim ahamiyatga ega. Kesish tezligi gradientining aniqlanishi orqali bitumning reologik xususiyatlarini chuqurroq o’rganish va uning deformatsiyaga chidamlilik darajasini aniqlash mumkin.

Mazkur koeffitsient yordamida bitum materialining yuqori haroratlarda suyuqlanish darajasi va past haroratlarda elastiklik kabi muhim mexanik xususiyatlarini aniqlash imkoniyati yuzaga keladi. Bu esa, o’z navbatida, modifikatsiyalangan bitumlarning turli iqlim sharoitlarida ishlash qobiliyatini baholashda muhim rol o’ynaydi.

$$\varepsilon = V/a$$

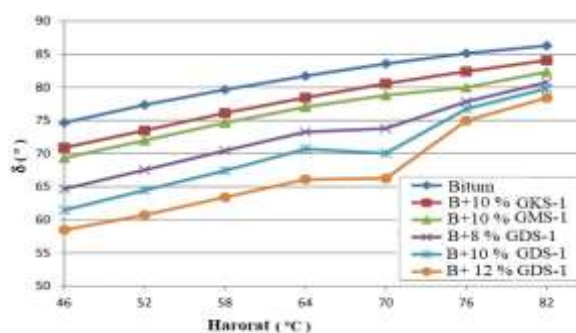
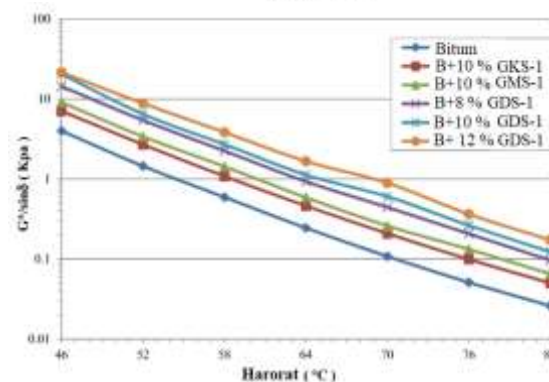
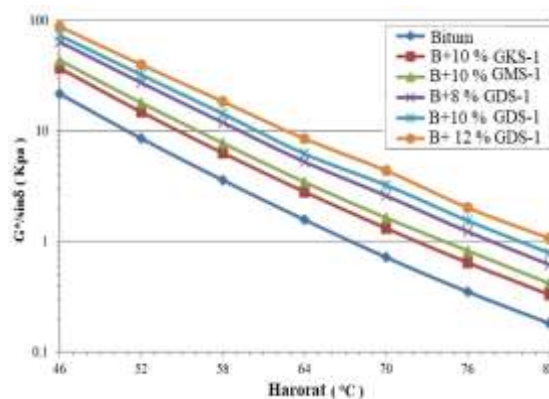
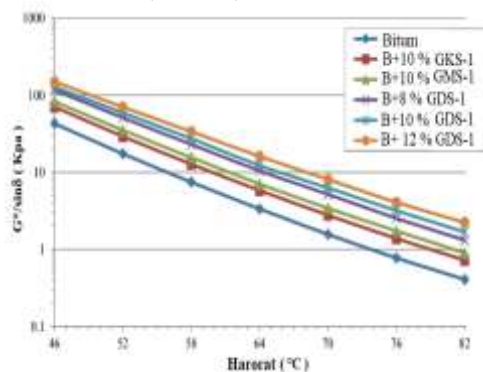
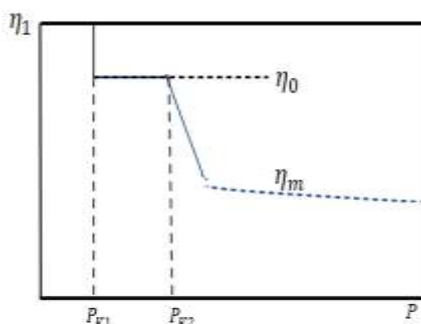
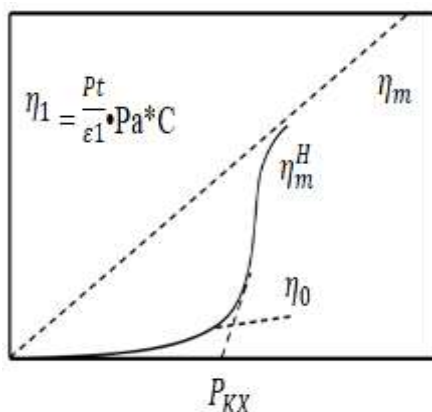
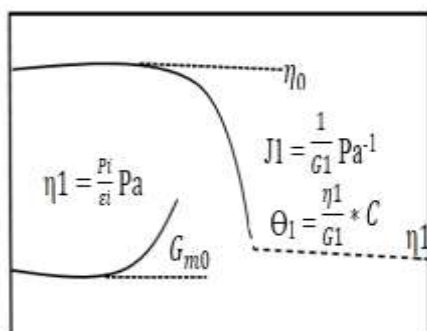
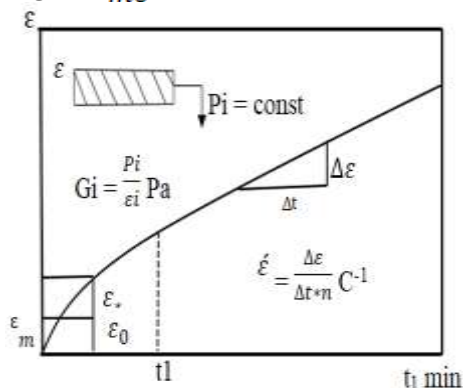
Kesish tezligi qatlam qalinligiga to’g’ridan-to’g’ri mutanosib ravishda o’zgaradi, ya’ni qatlam qalinligi ortgan sari kesish tezligi ham oshadi. Ushbu bog’liqlik material deformatsiyasining ichki tarqalishini tavsiflashda muhim omil hisoblanadi. Kichik va juda kichik γ (gamma qiymatlarida (odatda $1 \cdot 10^{-6}$ sek $1 \cdot 10^{-6}$ sek $^{-1}$ dan kichik), bitumning reologik xarakteristikalar — modulli elastiklik (G) va ichki dissipatsion xarakteristikalar (η) qiymatlari doimiy siljish kuchlanishi P ostidagi xatti-harakatlaridan farq qiladi.

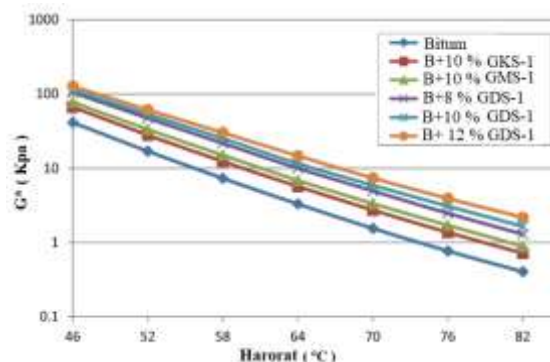
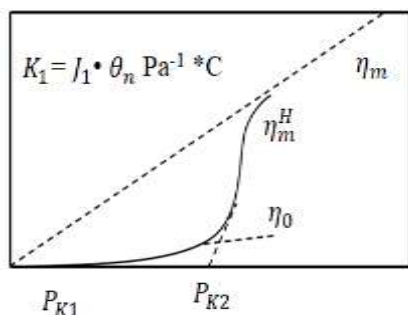
Bu shuni anglatadiki, kichik deformatsiya tezliklarida bitum o’zining noaniq viskoelastik xatti-harakatlarini namoyon qiladi. Kesish tezligining pastligi materialning qattiqlik va moslashuvchanlik xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko’rsatadi, bu esa deformatsiya jarayonining sezilarli darajada chiziqli emasligini ko’rsatadi. Bunday sharoitlarda bitumning mexanik va reologik xatti-harakatlarini tahlil qilish uning ishlash qobiliyatini yuqori aniqlikda baholash imkonini beradi.



Natijada, kichik γ sharoitida o‘lchangan reologik xarakteristikalar modifikatsiyalangan bitumlarning barqarorligini va turli harorat rejimlarida deformatsiyaga qarshiligini tushunishga yordam beradi. Bu esa yo‘l qoplamalarining sifatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shunday qilib, biz deformatsiya sharoitidan erkin, materialning haqiqiy yopishqoqligi η_0 va elastikligini G_{m0} tavsiflovchi ko‘rsatkichlar bilan belgilab olamiz (2-rasm).





2-rasm. GKS-1, GMS-1 VA GDS-1 markali bitumlarning reologik xarakteristikallari.

Bu parametrlar va ularning hosilalari fizik jihatdan aniq asosli hisoblanishi mumkin, chunki ular deformatsiya sharoitlariga bog‘liq emas. η_i va G_{mi} kabi shartli xarakteristikalar esa faqat bir xil deformatsiya sharoitida materiallarni solishtirish uchun mo‘ljallangan. Bu parametrlar modifikatsiyalangan bitumlarning reologik xususiyatlarini tahlil qilishda muhim rol o‘ynaydi.

Ushbu shartli xarakteristikalar yordamida materiallarning elastiklik va qovushqoqlik darajalari bir xil sharoitda solishtirilishi mumkin, bu esa modifikatsiyalangan bitumlarning sifatini baholashda va ularning turli sharoitlarda ishlash qobiliyatini aniqlashda juda foydalidir.

Sof va modifikatsiyalangan bitumlarning reologik xarakteristikallari tadqiq qilinganida, kompleks modul (G^*) va faza burchagi (δ)ning haroratga bog‘liq o‘zgarishi 1,59 Hz chastotada kuzatildi. 2-rasmda odifikatsiyalash jarayonida GKS-1, GMS-1, GDS-1 va ularning kombinatsiyasi qo‘llangan bitumlar uchun ushbu parametrlarning izoxron egri chiziqlarini ko‘rsatadi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, GKS-1, GMS-1, GDS-1 va ularning kombinatsiyalari bilan modifikatsiya qilingan bitumlarda:

- **Qattqlik oshishi:** Modifikatsiya qilingan bitumlarning kompleks moduli (G^*)ning qiymati oshadi, bu esa ularning qattqligi va yuqori haroratlardagi ishlash qobiliyatini yaxshilaydi.
- **Harorat sezgirligi:** Modifikatsiyalash jarayoni bitumning haroratga bo‘lgan sezgirligini kamaytiradi, chunki izoxron chiziqlarning nishabligi pasayadi. Bu esa bitumning deformatsiyaga chidamliligini oshiradi.
- **GKS-1, GMS-1, GDS-1 modifikatorlarining ustunligi:** GKS-1, GMS-1, GDS-1 qo‘shilgan bitumlarda G^* qiymati sezilarli darajada yuqori bo‘lib, ushbu modifikatorlar sof bitum bilan modifikatsiyalangan bitumlarga qaraganda yaxshiroq natija beradi.
- **Elastiklikning oshishi:** GKS-1, GMS-1, GDS-1 modifikatorlari (yakka holda yoki aralashmalar ko‘rinishida) qo‘shilganda faza burchagi sezilarli darajada pasayadi. Bu modifikatsiyalangan bitumlarning elastiklik qobiliyatini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Sainan Xie, Junyan Yi, Tao Zhou et al. Phase transition process of sulfur in bitumen and its effect on rheological properties of bitumen. *Construction and Building Materials*. Volume 364, 18 January 2023, 129914.
2. Khedaywi, T., Haddad, M., Mujalli, R. *et al.* Effect of sulfur on the asphalt cement and asphalt concrete mixture: state of the art. *Innov. Infrastruct. Solut.* **8**, 286 (2023).
3. Порфирьева, Р.Т. Разработка научных основ малоотходных технологий переработки серы и ее соединений в сульфиды и полисульфиды. дисс...д-ра техн. наук: 05.17.01 – Казань, 2006. – 259 с.
4. Smagulova, N.T., Kairbekov, Z.K. & Aibassova, Z.K. Influence of Elemental Sulfur on the Production of Materials for Road Surfacing. *Coke Chem.* **67**, 37–40 (2024).
5. Holmberg K., Jönsson B., Kronberg B. et al. Eds., *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*, 2nd Ed., John Wiley and Sons, Chichester (England), 2003. 56-59.
6. O‘rmonjonov Azizbek Muhammadjon o‘g‘li. (2025). INKLYUZIV TA’LIM SHAROITIDA MUSIQA SAVODXONLIGINI SHAKLLANTIRISHDA MULTIMODAL YONDASHUVNING PEDAGOGIK IMKONIYATLARI. *TA’LIM VA TARAQQIYOT*, 4(4), 380-388.
7. R.A. Tursunov. (2025). IJTIMOIIY ONG VA MA’NAVIYAT UYG‘UNLIGINING IJTIMOIIY MUHITGA TA’SIRI. *ZAMONAVIIY FAN: INNOVATSION YONDASHUVLAR VA YOSH TADQIQOTCHILARNING DOLZARB IZLANISHLARI*, 1(1), 16-19.