



ЖОЛ ЖАБЫНЫ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ ЖАҚСARTU ҮШІН БИТУМҒА ӨЗГЕРТЕТІН ҚОСПАЛАРДЫ БАҒАЛАУ

Арман Алибаева¹, Ерик Амирбаев¹, Манарбек Жумамуратов^{1,2*}

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана, Қазақстан

²Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы, Қазақстан

*Корреспондент автор: zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Аңдатпа. Битум – Қазақстандағы автомобиль жолдарын салу мен жөндеуде қолданылатын негізгі компоненттердің бірі. Ол минералды компоненттерді біріктіріп, асфальтбетон қоспаларында төзімді жол жабынын қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Елдің климаты жол материалдарына ерекше талаптар қояды. Төзімділікті қамтамасыз ету үшін әртүрлі климаттық аймақтарға сәйкес әртүрлі битум маркалары қолданылады: оңтүстік аймақтарда 70/100 және одан төмен маркалар, ал солтүстік өңірлерде 100/130. Мұндай айырмашылықтар битумның жоғары температурада жұмсарып кетуінен немесе төмен температурада жарықтар пайда болуынан сақтануға мүмкіндік береді.

Алайда битум уақыт өте келе қартайды, бұл оның серпімділігіне, адгезиясына және деформацияға төзімділігіне кері әсер етеді. Бұл мәселені шешу үшін соңғы уақытта битум қасиеттерін жақсартатын модификациялаушы қоспаларды қолдану жиілеп отыр. Бұл зерттеудің мақсаты – битумның жасанды қартаюдан кейінгі қасиеттеріне қоспалардың әсерін бағалау, соның ішінде ине ену әдісімен талдау жүргізу.

Түйінді сөздер: битум, жол құрылысы, климаттық аймақтар, қартаю, модификациялаушы қоспалар, ине ену әдісі, төзімділік, асфальтбетон.

Кіріспе

Қазақстанның климаттық жағдайлары – жаздың аптап ыстығынан қыс мезгіліндегі қатты аязға дейін – жол құрылыс материалдарының сапасына ерекше талаптар қояды [1,2]. Битум температураның күрт өзгерістеріне төзімді болып, әрі ыстықта, әрі суықта өз қасиеттерін сақтауы тиіс. Елдің оңтүстік өңірлерінде жазғы температура 50°C-қа дейін жетуі мүмкін, бұл жол жамылғысының қызып, асфальттың жұмсаруына алып келеді. Ал солтүстік өңірлерде керісінше, жол жамылғысы аяз бен үсікке ұшырап, жарылып кету қаупі жоғары [3]. Осы себепті Қазақстанның әртүрлі климаттық аймақтарына әртүрлі маркалы битум қолданылады: әдетте 70/100 маркалы битум – оңтүстікке, ал 100/130 – солтүстікке, бұл жолдардың ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етуге көмектеседі.

Битум жол құрылысы үшін өте маңызды компонент болып табылатыны сөзсіз, дегенмен оның физикалық-механикалық қасиеттері сыртқы факторлардың әсерінен өзгеріске ұшырайды. Мұндай факторларға температура, ультракүлгін сәулелер және механикалық жүктемелер жатады. Битумның негізгі мәселелерінің бірі – оның қартаюы, бұл оның серпімділігіне, жабысқақтығына және деформацияға төзімділігіне кері әсер етеді, ал бұл өз кезегінде жол жамылғысының беріктігіне теріс ықпал етеді [4].

Қатаң климаттық әсерлер жағдайында битум қасиеттерін жақсарту үшін модификациялаушы қоспаларды қолдану барған сайын өзекті болуда. Мұндай қоспалардың қартаюдан кейінгі битумға әсерін пенетрация әдісі сияқты тәсілдермен бағалау – жол

құрылыс материалдарының сапасын арттыру және асфальт жамылғыларының қызмет ету мерзімін ұзарту үшін маңызды міндет болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – RTFOT камерасында жасанды қартаюдан кейінгі битум қасиеттеріне модификациялаушы қоспаның әсерін пенетрация әдісі арқылы зерттеу.

Зерттеу мақсатына сәйкес келесі міндеттер қойылды:

1. Битумды RTFOT камерасында жасанды қартайту арқылы қартаю жағдайларын модельдеу;
2. Модификатор қосылғанға дейін және кейін битумның пенетрациясындағы өзгерістерді бағалау;
3. Модификацияланған және модификацияланбаған битумдардың пенетрация нәтижелерін салыстыру;
4. Модификациялаушы қоспаның битумның қартаюға төзімділігін арттырудағы тиімділігін анықтау;
5. Жол құрылысында битумды материалдардың ұзақ мерзімділігін арттыру үшін модификациялаушы қоспаларды қолдану мүмкіндігі туралы қорытынды жасау.

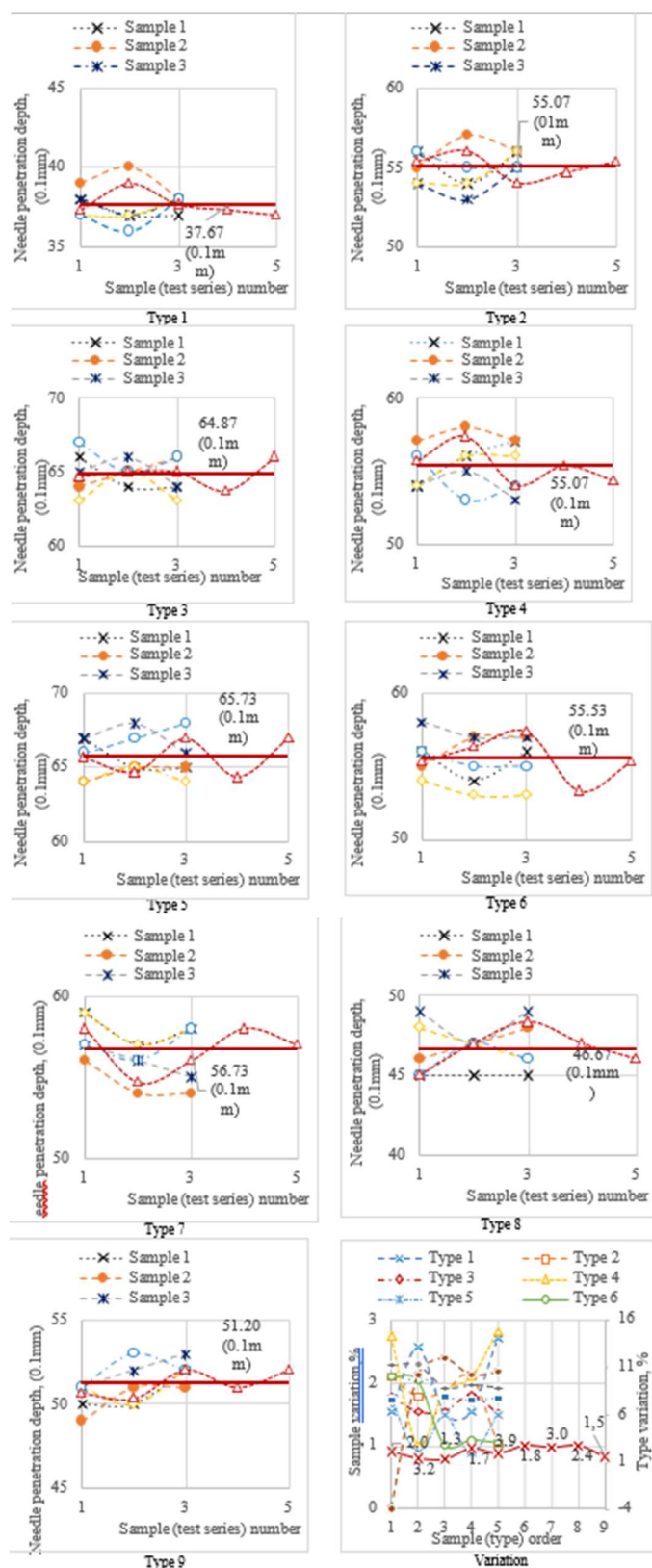
Әдістеме

Ену сынақтары ҚР СТ 1226-2023 стандартты әдісіне сәйкес жүргізілді. Сынақтардың мақсаты әртүрлі температурадағы битум консистенциясының өзгеруін анықтау болды. Тәжірибелер 0 және 25 °C температурада жүргізілді. жеке нәтижелерді салыстыру үшін әрбір үлгі үшін Үш сынақ жүргізілді. Әрбір үлгі үшін қате есептелді, ол орташа мәннің $2 \times 0,1$ мм-ден 4% - ға дейін аспауы керек. Сондай-ақ, репродуктивтілік $7 \times 0,1$ мм-ге дейін немесе орташа мәннің 20% - на дейінгі төзімділікпен бес үлгі бойынша бағаланды.

Битумның физикалық-механикалық сипаттамаларының өзгеруін бағалау үшін қайталама сынақтар ОЛАРДЫҢ қартаюынан кейін RTFOT камерасында ҚР СТ 1224-2023 стандартты әдістемесіне сәйкес жүргізілді [5]. Камерадағы битумның қартаюы айналмалы колбадағы ауа ағындарымен 163 ± 100 c температурада 75 ± 1 минут қыздыру нәтижесінде битум пленкасының үнемі жаңарып отыруынан болады. Барабанның айналу жиілігі $0,25 \pm 0,003$ c - 1/15, $0 \pm 0,2$ шірік/мин, ауа шығыны 4000 ± 200 мл/мин болды. Эксперименттік үлгілердің саны, сондай-ақ қателік критерийлері бастапқы сипаттамаларды бағалау бойынша сынақтарға ұқсас.

Нәтижелер және талқылау

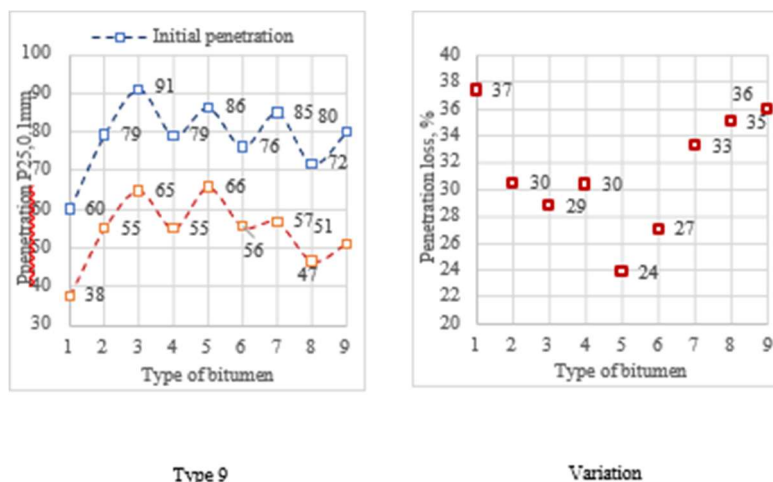
1 суретте битум үлгілерінің әрқайсысының қартаюынан және вариация коэффициенттерін салыстырғаннан кейін 25°C температурада иненің енуінің ішінара және орташа мәндері көрсетілген. Ординат осі сынақтарда иненің ену шкаласын көрсетеді, өлшенген бірлік 0,1 мм. абсцисса осі әрбір үлгідегі (Үлгі нөмірі) өлшемдердің реттік нөмірлерін (1-3) және сыналған үлгілер бөліміндегі сынақ серияларының реттік нөмірлерін (1-5) көрсетеді. (Сынақ сериясының нөмірі).



Сурет 1 – Битум қартайғаннан кейін иненің ену нәтижелері.

Алынған нәтижелерге сәйкес, 1 типті үлгілердің 25°с (P25) температурасындағы ену мәндері (37.00-39.00) x0, 1мм диапазонында жатыр, өзгеру коэффициенті 2,71% - дан аспайды. 2 типті үлгілердің P25 мәндері (54.00-56.00) x0.1мм диапазонында, өзгеру коэффициенті 2,09% - дан аспайды. Максималды р25 мәндері де (осы үлгі түрінің ең аз P0 мәнінен айырмашылығы) 3 типті үлгілерде кездеседі, (63,67-66,00) x0, 1 мм, максималды

өзгеру коэффициенті 1,82%. 4 типті үлгілерде P0 мәндері 2 типті үлгілерге ұқсас, (54,00-57,33) x0, 1 мм диапазонында орналасқан, барлық үлгілердің өзгеру коэффициенті 2,82% - дан аспайды. 5 типті үлгілердің P25 мәндері (64,33-67,00) x0, 1 мм, ал вариация 1,76% - дан аспайды. 6 типті үлгілердің P25 мәндері (53,33-57,33) x0, 1 мм, ал максималды өзгеру коэффициенті 2,09% құрайды. 7 типті үлгілер (54,67-58,00) x0, 1 мм Келесі P25 мәндерін көрсетті, ал вариация коэффициенті 2,12% - дан аспайды. 8 типті үлгілер P25 (45,00 - 48,33) x0, 1 мм ең төменгі мәндерін көрсетті, максималды өзгеру коэффициенті 2,39% құрайды. 50/70 үлгілерді өзгерткеннен кейін p25 қалдық мәндері (50,33-52,00) x0, 1 мм болды және нәтижелердің тұрақтылығы сақталды, вариацияның максималды коэффициенті 2,28% құрайды. 2, 3, 5 және 9 битум түрлері үшін барлық үлгілердің (әр түрдің 5 үлгісі) бөліміндегі орташа жеке мәндердің өзгеру коэффициенттері 2,0% - дан аспайды, бұл алынған енудің орташа мәндерінің жоғары репродуктивтілігін көрсетеді және олардың битумның белгілі бір түрін сынау кезіндегі жоғары сенімділігі. Аз, бірақ орташа ену мәндерінің жеткілікті жоғары конвергенциясы битумның 1, 4 және 7 типтерін көрсетті, вариация коэффициенттері 2,5% - дан аспайды. Орташа мәндердің ең аз тұрақтылығы 6 және 8 битум түрлерінде байқалды, мұнда вариация коэффициенттері 2,7% құрады. Қалай болғанда да, алынған нәтижелерді жарамды деп санауға болады, анықталған ауытқулар рұқсат етілген мәндерден аспайды. 2-суретте үлгілердің қартаюына дейін және одан кейінгі орташа ену мәндерін салыстыру нәтижелері көрсетілген. 2а суретте енудің абсолютті мәндері, 2в Суретте енудің пайыздық төмендеуінің орташа мәндері көрсетілген. Визуализация үшін әр түрлі үлгілердің барлық бастапқы ену мәндері сызықпен, сондай-ақ битумның қартаюынан кейінгі барлық ену мәндерімен біріктіріледі (яғни сызық шартты, жеке мәндердің байланысын білдірмейді).



Сурет 2 – Битумның қартаюына дейінгі және кейінгі орташа ену мәндерінің салыстырмалы нәтижелері.

Алынған нәтижелерге сәйкес, ену енуінің орташа жоғалту мәндерінің ең жоғарғысы 1 және 9-типтегі үлгілерде байқалды, яғни төмен маркалы битум және оның модификацияланған үлгісі – сәйкесінше 37% және 36%. Бұл жағдай табиғи құбылыс, себебі төмен маркалы битумдар массаның аз жоғалуымен сипатталады, бірақ ену тереңдігінің едәуір азаюымен ерекшеленеді, бұл өз кезегінде битумның тұтқырлық және қозғалғыштық секілді реологиялық қасиеттерімен байланысты.

Сондай-ақ ену жоғалтудың жоғары мәндері 7 және 8-типтегі үлгілерде анықталды – тиісінше 33% және 35%. Ең төмен ену жоғалту мәндері 5-типтегі үлгілерде байқалды – 24%-дан аспайды. Салыстырмалы түрде аз жоғалту 6-типтегі үлгілерде байқалады – 27%. Ал қалған 2, 3 және 4-типтегі битумдарда жоғалту деңгейі орта есеппен 27–30% аралығында.

Кері көрсеткішті – яғни, 25°C температурадағы ине енуінің бастапқы мәнге қатысты пайыздық көрсеткішін алсақ, барлық алынған мәндер рұқсат етілген ең жоғары шек – 50%-дан аспайды [7].

Жоғары маркалы үлгілердің (2–8-типтер) қартаюынан кейінгі ине ену көрсеткіштерінің нәтижелері бойынша орташа мән – 57.13×0.1 мм. Сонымен қатар барлық үлгілердің аралығында салыстырмалы түрде жоғары шашыраңқылық байқалады, бұл дисперсия коэффициентінің 12% болуымен расталады (квадраттық ауытқу – 6.5).

Модификацияланған үлгілердің қалдық ине ену көрсеткіші 51.20×0.1 мм құрады. Бұл көрсеткіш жоғары маркаларға қарағанда төмен болғанымен, кейбір жоғары маркаларға тән жеке көрсеткіштерден асып түседі. Жоғары маркалы битум өндірушілерінің әртүрлілігіне байланысты дисперсия коэффициентін ескере отырып, бұл айырмашылық статистикалық ауытқу ретінде қарастырылады және 70/100 маркалы битум деңгейіне жатқызылуы мүмкін.

Қорытынды

1. Әртүрлі өндірушілердің битум маркаларын ине ену тереңдігіне байланысты анықтау үшін сынақтар жүргізілді. Зерттеудің мақсаты – төмен маркалы битумды модификациядан кейін жұмсартуды бағалау және оның жоғары маркалы битумның бақылау және орташа көрсеткіштеріне сәйкестігін анықтау болды.

2. Төмен маркалы битумды модификациялау тиімділігін бағалау үшін бақылау көрсеткіші ретінде әртүрлі өндірушілерден алынған үлгілердің 25°C температурадағы ине ену көрсеткіштері (модификацияға дейін және кейін) қолданылды.

3. Өлшеулер нәтижесінде төмен маркалы битумның бақылау үлгілерінің орташа ине енуі 60.13×0.1 мм құрағаны анықталды, ал жоғары маркалар 71.8×0.1 мм-ден 91.0×0.1 мм аралығында өзгеріп отырды, бұл өндірушіге байланысты болды.

4. Қартаюдан кейін төмен маркалы үлгілер ену тереңдігінің 37% жоғалуын көрсетті, ал жоғары маркаларда бұл көрсеткіш 24–35% аралығында болды. Модификацияланған төмен маркалы үлгілерде де ену жоғалту деңгейі жоғары болып қала берді, бірақ ол жоғары маркалар үшін орташа диапазон – 51.2% шегінде болды.

5. Жоғары маркалы битумның орташа қалдық ине ену көрсеткіші 57.13×0.1 мм екенін ескере отырып, төмен маркалы битумның (дисперсия коэффициенті 12%) қалдық ену көрсеткіші 45.06 – 57.34×0.1 мм аралығында болады, бұл жетілдіру мақсатына қол жеткізілгенін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. R. Lukpanov, D. Tsigulyov, S. Yenkebayev, Z. Zhantlessova, *E3S Web of Conferences*, 371, 02028 (2023)
2. D. S. Dyusseminov, T. Awwad, Y. Y. Sabitov, A. A. Zhumagulova, Zh. A. Shakhmov, Zh. Kaliyeva, D. O. Bazarbayev, *Magazine of Civil Engineering*, 123(7) (2023)
3. M. Zh. Zhurinov, B. B. Teltayev, Y. D. Amirbayev, A. O. Elschibayev, *Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабаршысы*, Геология және техникалық ғылымдар сериясы, 6(444), 261–267 (2020)
4. K. Aryngazin, M. Zhulasheva, A. Abisheva, A. Takirova, D. Aligozhina, *Technobius*, 2(1), 0012 (2022)
5. СТ РК 1224-2003. *Битум және битумдық байлағыштар. Қыздыру мен ауа әсерінен қартаюға төзімділікті анықтау әдістері* (ҚазЖолҒЗИ АҚ, 2003)
6. S. Alizadeh, G. Shafabakhsh, M. Sadeghnejad, *International Journal of Pavement Engineering*, 24(2) (2023)
7. F. Maghool, A. Arulrajah, B. Ghorbani, S. Horpibulsuk, *Construction and Building Materials*, 320, 126108 (2022)

8. C. A. Vargas, A. El Hanandeh, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(2), 447–465 (2024)
9. R. Veropalumbo, C. Oreto, N. Viscione, F. Russo, *Transportation Research Procedia*, 69, 225–232 (2023)
10. T. B. Vishnu, Kh. L. Singh, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(3), 1519–1533 (2023)
11. P. Caputo, V. Algieri, L. Maiuolo және басқалар, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 663, 131079 (2023)

Авторлар туралы мәліметтер (үш тілде):

Арман Алибаева – «ҚазжолҒЗИ» АҚ Президенті, Астана, Қазақстан, a.alibayeva@qazjolgzi.kz

Арман Алибаева – Президент АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, a.alibayeva@qazjolgzi.kz

Arman Alibayeva – President of JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, a.alibayeva@qazjolgzi.kz

Ерик Амирбаев – «ҚазжолҒЗИ» АҚ Вице-президенті, Астана, Қазақстан, e.amirbaev@qazjolgzi.kz

Ерик Амирбаев – Вице-президент АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, e.amirbaev@qazjolgzi.kz

Yerik Amirbayev – Vice president of JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, e.amirbaev@qazjolgzi.kz

Манарбек Жумамуратов – Жас ғылыми қызметкер, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Манарбек Жумамуратов – Младший научный сотрудник Научного центра развития и инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Manarbek Zhumamuratov – Junior Researcher, Research and Development Center, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Авторлардың үлесі (әр автордың тиісті үлесін көрсетіңіз):

Арман Алибаева – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, визуализация, интерпретация, мәтінді дайындау, редакциялау, қаржыландыру алу.

Ерик Амирбаев – тұжырымдама, әдістеме, талдау, интерпретация, редакциялау.

Манарбек Жумамуратов – ресурстар, қаржыландыру алу, редакциялау.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Жасанды интеллектті (AI) пайдалану: Мақаланы дайындау барысында жасанды интеллект пайдаланылған жоқ.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ: ОЦЕНКА МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В БИТУМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Арман Алибаева¹, Ерик Амирбаев¹, Манарбек Жумамуратов^{1,2*}

¹АО «Казахский дорожный научно-исследовательский институт», Астана, Казахстан

²Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л. Б. Гончарова, Алматы,
Казахстан

*Корреспондент автор: zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Аннотация. Битум является одним из основных компонентов, используемых при строительстве и ремонте автомобильных дорог в Казахстане. Он связывает минеральные компоненты и играет ключевую роль в формировании долговечного дорожного покрытия в асфальтобетонных смесях. Климат страны предъявляет особые требования к дорожным материалам. Для обеспечения долговечности в различных климатических зонах применяются разные марки битума: в южных регионах марки 70/100 и ниже, в северных 100/130. Такие различия позволяют избежать размягчения битума при высоких температурах и появления трещин при низких. Однако со временем битум стареет, что отрицательно сказывается на его эластичности, адгезии и устойчивости к деформациям. Для решения этой проблемы в последние годы всё чаще применяются модифицирующие добавки, улучшающие свойства битума. Цель данного исследования – оценка влияния добавок на свойства битума после искусственного старения, включая анализ методом проникновения иглы.

Ключевые слова: битум, дорожное строительство, климатические зоны, старение, модифицирующие добавки, метод проникновения иглы, долговечность, асфальтобетон.

ENHANCING SUSTAINABLE PAVEMENT MATERIALS: ASSESSING MODIFYING ADDITIVES IN BITUMEN FOR IMPROVED ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Arman Alibayeva¹, Yerik Amirbayev¹, Manarbek Zhumamuratov^{1,2*}

¹Kazakhstan Road Research Institute JSC, Astana, Kazakhstan

²L. B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute

*Corresponding author: zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Abstract. Bitumen is one of the main components used in the construction and repair of highways in Kazakhstan. It binds mineral components and plays a crucial role in forming durable pavement in asphalt concrete mixtures. The country's climate places special demands on road materials. To ensure durability, different grades of bitumen are used in various climatic zones: grades 70/100 and lower in southern regions, and 100/130 in northern regions. Such differences help prevent bitumen from softening at high temperatures and cracking at low ones. However, over time, bitumen ages, which negatively affects its elasticity, adhesion, and deformation resistance. To address this issue, recent years have seen increased use of modifying additives that improve bitumen properties. The aim of this study is to evaluate the effect of additives on bitumen properties after artificial aging, including analysis by the needle penetration method.

Keywords: bitumen, road construction, climatic zones, aging, modifying additives, needle penetration method, durability, asphalt concrete.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).