



**ТӨМЕН МАРКАЛЫ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН БИТУМНЫҢ
ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЖОҒАРЫ МАРКАЛЫ БИТУМДАРМЕН
САЛЫСТЫРА ОТЫРЫП БАҒАЛАУ**

**С.Ж. Ашимова², Р.Е. Лукпанов³, С.Т. Бегалиева², Ә.Б. Нигметова^{1*},
Т.С. Женисов¹**

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

²«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ филиалы, Алматы, Қазақстан

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті КЕАҚ, Астана, Қазақстан

*Корреспондент автор: a.nigmatova@qazjolgi.kz

Аңдатпа. Климаттық аймаққа байланысты асфальтобетон жабындарының беріктігін қамтамасыз ету үшін битумның әртүрлі маркалары қолданылады: ыстық оңтүстік аймақтар үшін 70/100 және одан төмен маркалы битумдар, ал суық солтүстік үшін 100/130 маркалы битумдар қолданылады. Алайда, битум температура мен Күн радиациясының әсерінен қартаюға ұшырайды, бұл оның икемділігін, адгезиясын және деформацияға төзімділігін төмендетеді. Зерттеудің мақсаты модификациялаушы қоспаның төмен маркалы битум қасиеттеріне әсерін талдау және алынған нәтижелерді жоғары маркалы битум сипаттамаларымен салыстыру болып табылады. Сынақтар әртүрлі өндірушілердің М 50/70 және М 70/100 маркалы битум үлгілерінде жүргізілді. RTFOT камерасында битум үлгілерінің жедел қартаюы, табиғи қартаю жағдайларын имитациялай отырып жүргізілді. Осылайша, модификатордың төмен маркалы битумының құрамына енуі оның температуралық көрсеткіштерінің нашарлауына теріс әсер етпейді, сонымен қатар, нақты жағдайларда жоғары маркалы битумға қарағанда жоғары нәтиже көрсетеді.

Түйінді сөздер: битум, битумды жұмсарту температурасы, икемділік, битум жарқылының температурасы, сынғыштық, RTFOT сынағы.

Кіріспе

Қазақстанның климаты асфальтобетон жолдардың жай-күйіне айтарлықтай әсер ететін қатал жағдайлармен ерекшеленеді [1]. Ел температураның күрт өзгеруіне, соның ішінде маусымдық мұздату мен ерітуге, жаздың жоғары температурасына, сондай-ақ айтарлықтай жел мен шөгінді жүктемелерге тап болып отыр. Бұл факторлар жол төсемдерінің бұзылу процестерін жеделдетеді, жарықтардың, шұңқырлардың пайда болуына, сондай-ақ жол қозғалысының жайлылығы мен қауіпсіздігін төмендететін ойықтардың пайда болуына ықпал етеді [2].

Асфальтобетон жабындары жаздың жоғары температурасында да, қыстың қатты аязында да өнімділік сипаттамаларын сақтай отырып, қарқынды температураның өзгеруіне төтеп беруі керек [3]. Бұл проблема, әсіресе Қазақстанның солтүстік өңірлерінде өзекті, онда төмен температура мен ұзаққа созылатын аяз жол бетінде жарықтардың пайда болу қаупін арттырады, бұл тозуды тездетеді және жабынның қызмет ету мерзімін қысқартады [4]. Сонымен қатар, жазда температура 50°C-қа жетуі мүмкін елдің оңтүстік аймақтарында

жол төсемі айтарлықтай қызады, бұл битумның жұмсаруына және асфальттың деформациясына әкелуі мүмкін. Осылайша, жол жамылғысының беріктігін қамтамасыз ету үшін аймақтың климаттық жағдайына байланысты битумның әртүрлі маркаларын қолдану қажет: мысалы, 70/100 маркасы оңтүстік аймақтарға, ал 100/130 маркасы солтүстік аймақтарға қолданылады, бұл жолдардың қызмет ету мерзімін ұзартуға көмектеседі [5].

Битумды тұтқыр зат асфальтобетон жабындарының сапасы мен беріктігі үшін маңызды рөл атқарады, бірақ оның физика-механикалық қасиеттері температура жүктемелерінің, ультракүлгін сәулеленудің және механикалық әсерлердің ықпалымен айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды [6]. Автомобиль жолдарын пайдалану кезінде туындайтын негізгі мәселелердің бірі-битумның қартаюуы, ол уақыт өте келе оның серпімділігін, адгезиялық қасиеттерін және деформацияға төзімділігін нашарлатады, бұл жабынның беріктігіне теріс әсер етеді [7].

Осыған байланысты соңғы жылдары зерттеушілер мен жол материалдарын өндірушілердің назары битумның қасиеттерін жақсартуға және оның қартаюуға төзімділігін арттыруға қабілеттілігін өзгертетін қоспаларды әзірлеуге және қолдануға бағытталған [8]. Модификаторлардың битумға әсерін бағалау үшін жұмсарту температурасын, динамикалық тұтқырлықты, жарқыл температурасын және сынғыштықты анықтау сияқты әртүрлі сынақ әдістері қолданылады [9].

Бұл зерттеудің мақсаты модификациялаушы қоспаның төмен маркалы битумның қасиеттеріне әсерін талдау және алынған нәтижелерді жоғары маркалы битумның сипаттамаларымен салыстыру болып табылады [10]. Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. Табиғи қартаю жағдайларын имитациялай отырып, RTFOT камерасында битум үлгілерінің жедел қартаюын жүргізу.

2. Модификатор қосу арқылы қартаюға дейінгі және кейінгі жұмсарту температурасының, динамикалық тұтқырлықтың, жарқыл температурасының және битумның сынғыштығының өзгеруін бағалау.

3. Модификацияланған және модификацияланбаған битумның сынау нәтижелерін салыстыру.

4. Битумның қартаюға төзімділігін арттыруда қоспаның тиімділігін анықтау.

5. Жол құрылысында битум материалдарының беріктігін арттыру үшін өзгертетін қоспалардың қолданылуы туралы қорытынды жасау.

Әдістеме

Модификацияланған битумның құрамын таңдау бойынша зерттеулер келесі тәртіпте жүргізілді:

1. 50/70 маркалы битумның физика-механикалық қасиеттерін зерттеу.
2. 70/100 маркалы битумның физика-механикалық қасиеттерін зерттеу.
3. Модификацияланған қоспаның оңтайлы құрамын анықтау.

Сынақтар әртүрлі өндірушілердің М 50/70 және М 70/100 маркалы битум үлгілерінде жүргізілді. Зерттеудің мақсаты М 50/70 маркалы битумды М 70/100 маркалы битум көрсеткіштеріне ұқсас сипаттамаларға қол жеткізу үшін модификациялау болғандықтан, барлық талдаулар М 50/70 және М 70/100 маркалы битумдардың қасиеттерін модификацияға дейін де, кейін де салыстыру арқылы жүргізілді. 1-кестеде салыстырылатын үлгілердің түрлері және олардың өндірушілері туралы мәліметтер келтірілген. Өндірушілер туралы ақпараттың құпиялылығын сақтау мақсатында олардың атаулары шартты түрде әріптермен белгіленді. Битумның әрбір түрі үшін әрбір көрсеткіш бойынша кемінде бес өлшем орындалды, бұл ықтимал статистикалық ауытқуларды ескере отырып, нәтижелердің салыстырмалы дәлдігін қамтамасыз етеді.

Кесте 1 – Битум тұтқыр үлгілерінің салыстырылатын түрлері

Үлгі түрі	Битумның маркасы	Өндіруші
1 нұсқа	БНД 50/70	«А» ЖШС
2 нұсқа	БНД 70/100	«А» ЖШС
3 нұсқа	БНД 70/100	«В» ЖШС
4 нұсқа	БНД 70/100	«С» ЖШС
5 нұсқа	БНД 70/100	«D» ЖШС
6 нұсқа	БНД 70/100	«Е» ЖШС
7 нұсқа	БНД 70/100	«F» ЖШС
8 нұсқа	БНД 70/100	«G» ЖШС
9 нұсқа	Модифицирленген БНД 50/70	«А» ЖШС

Жұмсарту нүктесін анықтауға арналған сынақтар ҚР СТ 1227-2003 сәйкес «сақина және шар» стандартты әдісі бойынша орындалды. Сынақтың мақсаты стандартты өлшемдегі сақинадағы битум жұмсартатын және болат шардың әсерінен $25,0 \pm 0,4$ мм қашықтықта өтетін температураны анықтау болды. Битумның әр түрі үшін статистикалық маңызды нәтижелер алу үшін кемінде бес өлшеу жүргізілді. Рұқсат етілген қателік шектері келесідей белгіленеді: жұмсарту температурасы 80°C дейін болғанда рұқсат етілген ауытқу 2°C құрайды; 80°C - 4°C жоғары.

Динамикалық тұтқырлықты анықтау ҚР СТ 1211-2003 сәйкес стандартты әдіспен орындалды. Сынақтың мақсаты - ығысу жылдамдығының ығысу кернеуіне тәуелділігін анықтау. Өлшеу вакуумдық капиллярлары бар вискозиметрде 60°C температурада жүргізіліп, битумның вакуум астындағы капиллярлар арқылы өту уақыты белгіленді. Битумның әрбір түрі үшін нәтижелерді статистикалық өңдеу үшін кемінде бес өлшем орындалды. Мәндер арасындағы рұқсат етілген алшақтық 10% - дан аспайды.

Жарқылдың температурасын анықтау ҚР СТ 1804-2008 бойынша стандартты әдіспен жүргізілді. Сынақтың мақсаты атмосфералық қысым кезінде ауа ортасындағы битум буларының ең төменгі тұтану температурасын анықтау болды. Битумның әрбір түрі үшін нәтижелерді статистикалық бағалау үшін кемінде бес өлшем орындалды, рұқсат етілген ауытқуы 17°C аспайды.

Фраас бойынша сынғыштық температурасы ҚР СТ 229-2003 стандарты бойынша айқындалған. Бұл көрсеткіш төмен температурада битумның сынғыштығын сипаттайды. Сынақтың мақсаты - жүктеме кезінде битум пленкасының тұтастығы бұзылатын температураны анықтау. Битумның әрбір түрі үшін 6°C -тан аспайтын мәндер арасындағы рұқсат етілген ауытқу кезінде статистикалық сенімді нәтижелер алу үшін кемінде бес өлшем орындалды.

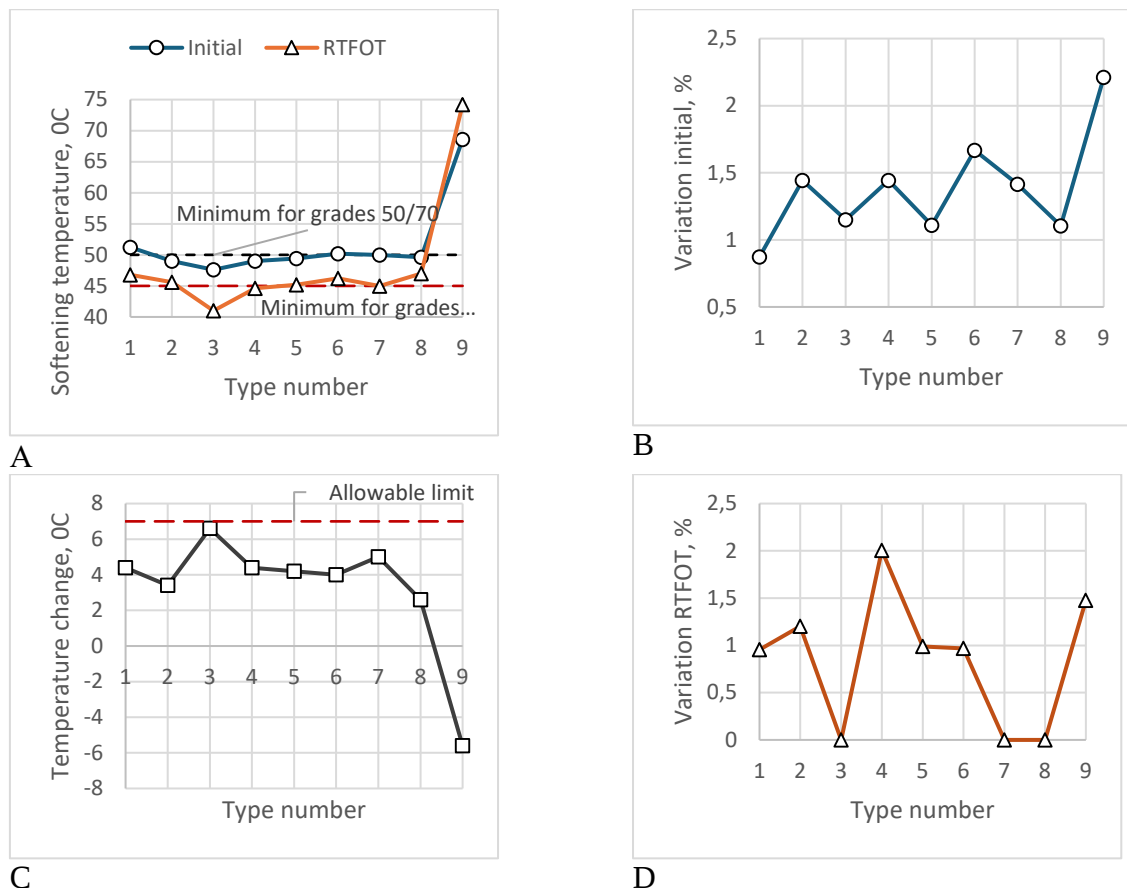
Битумның физика-механикалық қасиеттеріндегі өзгерістерді бағалау үшін қайталама сынақтар СТ РК 1224-2023 стандарттық әдістемесіне сәйкес RTFOT камерасында қартаюдан кейін жүргізілді. Битумның қартаю процесінде камерада $163 \pm 1^{\circ}\text{C}$ температурада 75 ± 1 минут бойы айналмалы қолбада, ауа ағындарымен қыздыру арқылы оның пленкасының тұрақты жаңаруы жасалады.

Нәтижелер және талқылау

1. Жұмсарту температурасын анықтау

1- суретте зерттелетін үлгі түрлерінің жұмсарту температурасының орташа мәндері көрсетілген. 1А - суреттің диаграмма қисықтары жұмсартудың бастапқы температурасын және RTFOT үлгілері қартайғаннан кейін қалдық температураны көрсетеді. 1А - суреттің тікелей диаграммалары 50/70 және 70/100 маркалы битумдарды жұмсарту температураларының шекті рұқсат етілген көрсеткіштерін көрсетеді. 1В суретте үлгілер

қартайғаннан кейін жұмсарту температурасының өзгеруі көрсетілген. 1С және 1D суретте әр типтегі 5 үлгінің қартаюына дейін және одан кейінгі жұмсарту температурасының жеке мәндерінің вариация коэффициенттері көрсетілген. Визуализация үшін қартаюға дейінгі және кейінгі үлгілер шартты түрде data points байланысын немесе үлгісін білдірмейтін, бірақ нәтижелердің белгілі бір сынақ сериясына жататынын анықтайтын сызықтармен біріктірілген.



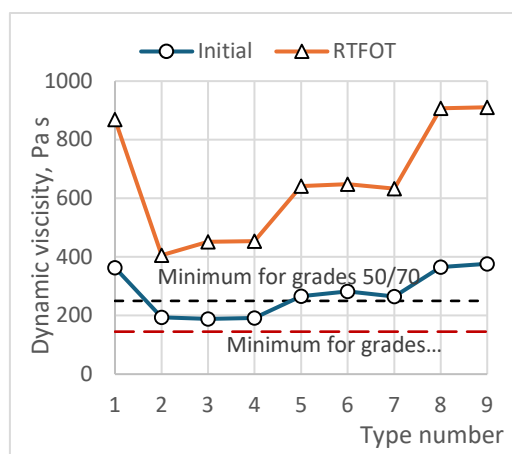
Сурет 1 - Жұмсарту температурасын өлшеу нәтижелері

Алынған нәтижелерге сәйкес, төмен маркалы битумдар үшін жұмсартудың бастапқы температурасы орта есеппен 51.2°C құрайды, бұл 50/70 маркаларына қойылатын талаптарға сәйкес келеді – 50°C -тан төмен емес. Жоғары маркалы битумдарды жұмсарту температурасының орташа бастапқы мәндері 47.6 -дан 50.2°C -қа дейін өзгереді, бұл сонымен қатар 70/100 маркаларына қойылатын талаптарға сәйкес келеді – 45°C -тан төмен емес. Жұмсарту температурасының максималды мәні 6 және 7 типті үлгілерде анықталды, сәйкесінше 50.0 және 50.2°C құрайды. 2, 4, 5 және 8 типті үлгілердегі орташа мәндер сәйкесінше 49.0 , 49.0 , 49.4 , 49.6°C құрайды. Ең төменгі мәндер 3 типті үлгілерді көрсетті – 47.6°C . Модификацияланған битум үлгілері жұмсарту температурасының жоғары мәндерін көрсетті, олар 68 - ден 71°C - қа дейін, ал орташа мәні 68.6°C . Температураның жоғарылауы, ең алдымен, битумға үлкен қаттылық беретін модификатор құрамында полимерлердің болуына байланысты. Төмен маркалы битум қартайғаннан кейін жұмсарту температурасының төмендеуі орташа есеппен 8.6% құрады, абсолютті мәндерде 46.8°C . Жоғары маркалы битумдардың максималды төмендеуі 3 және 7 типті үлгілерде анықталды, сәйкесінше 13.9% (41.0°C) және 10.0% (45.0°C) құрайды. Орташа көрсеткіштер 4, 5 және 6 типті үлгілерде байқалды, тиісінше 9.0% (44.6°C), 8.5% (45.2°C) және 8.0% (46.2°C) құрады. 2 және 8 типті үлгілердегі ең төменгі көрсеткіштер сәйкесінше 6.9% (45.6°C) және 5.2% (43.6°C) құрады. Модификацияланған битум үлгілері қартаюдан кейін жұмсарту температурасының өзгеруінің кері үлгісін көрсетті. Жұмсарту температурасының

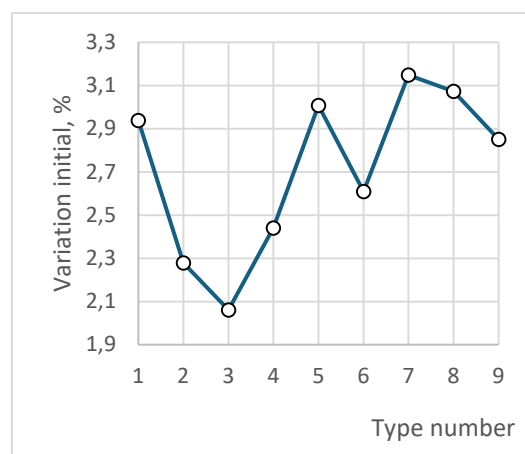
көрсеткіштері 74.2°C - қа дейін өсті (73 -тен 76°C - қа дейін), бұл, ең алдымен, битумның булануы нәтижесінде оның полимерге қатысты көлемдік үлесі төмендейді, сондықтан битум қатайды. Осылайша, төмен битум маркаларының үлгілері қартайғаннан кейін температураның өзгеру нәтижелері орта есеппен 4.4% , ал модификациядан кейін - 5.6% болды. Жоғары маркалы температураның өзгеруі 2.6 -дан 6.6% - ға дейін өзгереді. Жұмсарту температураларының өзгеруінің барлық көрсеткіштері $50/70$ және $70/100$ маркаларының шекті рұқсат етілген мәндерінен аспайды - 7°C жоғары емес (Әдістер бөлімін қараңыз).

2. Динамикалық тұтқырлықты анықтау

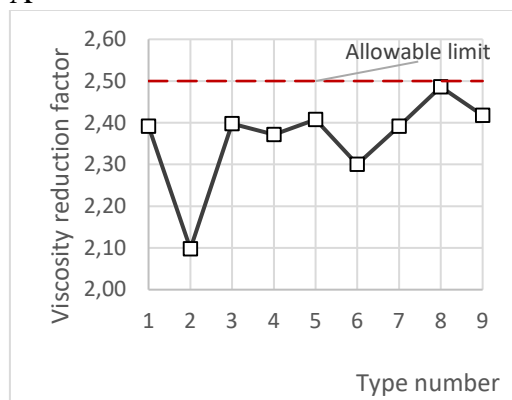
2 - суретте үлгілердің зерттелетін түрлерінің динамикалық тұтқырлығының (тұтқырлығының) орташа мәндері көрсетілген. 2А-суреттің диаграмма қисықтары тұтқырлықтың бастапқы мәндерін және олардың қартаюынан кейінгі қалдық мәндерін көрсетеді. 2А - суреттің тікелей диаграммалары $50/70$ және $70/100$ маркалы битумдардың тұтқырлығының шекті рұқсат етілген көрсеткіштерін көрсетеді. 2В-суретте динамикалық тұтқырлықтың өсу коэффициенті көрсетілген, ол қартайғаннан кейін 60°C динамикалық тұтқырлық көрсеткішінің 60°C бастапқы динамикалық тұтқырлық көрсеткішіне қатынасы ретінде анықталған. 2С және 2D суретте әр типтегі 5 үлгінің қартаюына дейінгі және кейінгі тұтқырлықтың жеке мәндерінің вариация коэффициенттері көрсетілген.



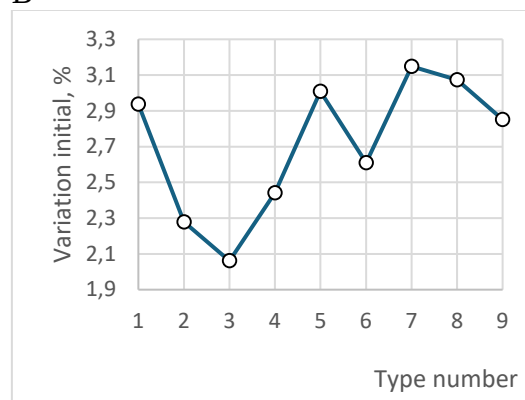
A



B



C



D

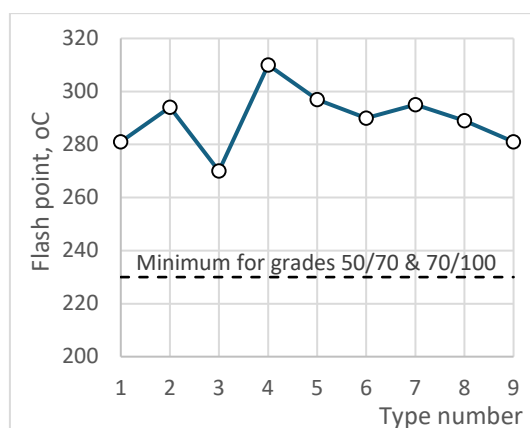
Сурет 2 - Динамикалық тұтқырлықты өлшеу нәтижелері

Алынған нәтижелерге сәйкес, төмен маркалы битумдар үшін бастапқы динамикалық тұтқырлық орташа есеппен 363.7 Па·с құрайды, бұл $50/70$ маркаларына қойылатын талаптарға сәйкес келеді – 250 Па·с төмен емес. Жоғары маркалы битумдардың тұтқырлығының орташа бастапқы мәндері 188.6 -дан 365.0 Па·с-қа дейін өзгереді, бұл сонымен қатар $70/100$ маркаларына қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Битумның жоғары тұтқырлығын сипаттайтын динамикалық тұтқырлықтың максималды мәндері 8 типті

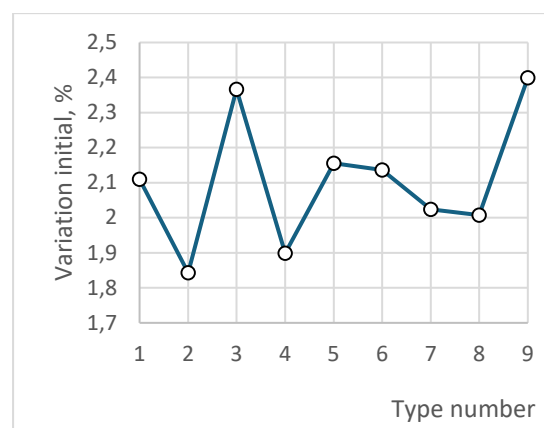
үлгілерде анықталған, 365.0 Па·с. 5, 6 және 7 типті үлгілердегі тұтқырлықтың орташа мәндері 266.5, 282.0 және 264 құрайды. Сәйкесінше 7 Па·с. Ең төменгі мәндер 2, 3 және 4 типті үлгілерде анықталған, сәйкесінше 193.4, 188.6 және 191.3.6 Па·с құрайды. Модификацияланған битум үлгілері тұтқырлықтың табиғи өсуін көрсетті (модификацияланбаған битумға қатысты 50/70), сол себепті қоспаның құрамында полимерлердің болуы орташа есеппен 376.6 Па·с (359-дан 386 Па·с-қа дейін), вариация коэффициенті 2.9 % болды. Төмен маркалы битумның қартаюынан кейін тұтқырлықтың жоғарылауы орта есеппен 139 % құрады, бұл абсолютті шамаларда 869.5 Па·с. Жоғары маркалы битумдардың тұтқырлығының максималды жоғарылауы 8 типті үлгілерде анықталды, абсолютті шамаларда 907.1 Па·с, ал бастапқы шамаларға қатысты 148 %. Орташа көрсеткіштер 5, 6 және 7 типті үлгілерде байқалды, сәйкесінше 641.7 Па·с (140 %), 648.7 Па·с (130 %) және 633.2 Па·с (139 %) болды. 2, 3 және 4 типті үлгілердегі төмен көрсеткіштер сәйкесінше 405.9 Па·с (109 %), 452.1 Па·с (139 %) және 453.5 Па·с (137 %) болды. Қартаюдан кейінгі Модификацияланған битум үлгілері тұтқырлықтың өзгеруінің ұқсас динамикасын көрсетті, бұл 50/70 және 70/100 битум маркалары сияқты, орташа тұтқырлық 910.8 Па·с (854-тен 948 Па·с-қа дейін) болды. Динамикалық тұтқырлықтың өсу коэффициенттерінің барлық көрсеткіштері 50/70 және 70/100 маркаларының шекті рұқсат етілген мәнінен аспайды-2.5-тен аспайды. Соңғысы алынған нәтижелердің қолайлылығы, олардың нормаларға сәйкестігі, демек, кейінгі талдауға жарамдылығы туралы айтады. Бастапқы тұтқырлықтың жеке мәндерінің барлық вариация коэффициенттері 3.1% - дан аспайды, ал қартаюдан кейін 3.9 % - дан аспайды. Деректердің салыстырмалы түрде төмен таралуы өлшеу нәтижелерінің салыстырмалы түрде жоғары конвергенциясы мен статистикалық дәлдігін көрсетеді. Жеке мәндер арасындағы айырмашылық 10% - дан аспайды, бұл стандарт талаптарына сәйкес келеді (Әдістер бөлімін қараңыз).

Жарқыл температурасын анықтау

3-суретте үлгілердің тұтану температурасын өлшеу нәтижелері көрсетілген. 3А-суретте битумның әр түрінің 5 үлгісінің орташа көрсеткіштері, ал 3Б-суретте оларға сәйкес вариация коэффициенттері көрсетілген. Сынақтар тек үлгілердің қартаюынсыз бастапқы көрсеткіштерді бағалау үшін жүргізілді. Бұл көрсеткіш асфальтобетонның пайдалану жарамдылығын бағалау үшін маңызды емес, жолдарды ұзақ мерзімді пайдалану кезінде үлкен маңызға ие емес.



А



Б

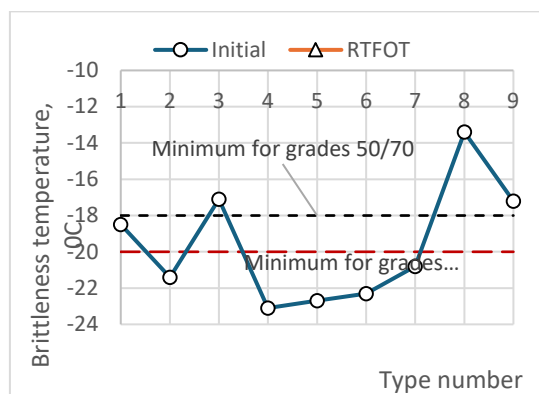
Сурет 3 - Тұтану температурасын өлшеу нәтижелері

Алынған нәтижелерге сәйкес 50/70 маркалы үлгілердің тұтану температурасының орташа мәні 281.2 °C құрады, жеке мәндер 272 - 285 °C диапазонында жатыр, ал вариация коэффициенті 2.1 % құрады. 70/100 маркалы үлгілердің жарқыл температураларының

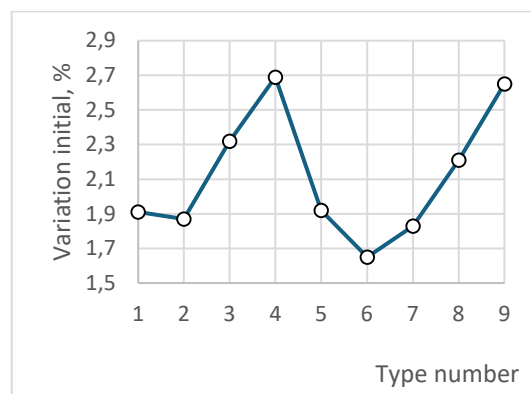
орташа мәні 271.2-ден 310.2 °C-қа дейін, ал вариация коэффициенттері 2.4 % - дан аспайды. 70/100 маркалы үлгілердің барлық түрлері бойынша жарқыл температурасының орташа көрсеткіші 292.4 °C құрады, вариация коэффициенті 3.96 %. Әрбір үлгідегі алынған орташа жарқыл температурасының көрсеткіштері жоғары сенімділік дәрежесіне ие, ал барлық түрдегі жарқыл температурасының орташа көрсеткіші жоғары конвергенцияға ие (вариация коэффициенттері көрсеткендей). Модификацияланған битумның жарқыл температурасының орташа мәні 281.8 °C, вариация коэффициенті 2.4 % болды. Құю температурасының барлық алынған жеке мәндері 50/70 және 70/100 - 230 °C маркалары үшін шекті рұқсат етілген мәннен асады.

4. Сынғыштық температурасын анықтау

4 - суретте үлгілердің сынғыштық температурасын өлшеу нәтижелері көрсетілген. 4А - суретте битумның әр түрінің 5 үлгісінің орташа көрсеткіштері, ал 4Б - суретте оларға сәйкес вариация коэффициенттері көрсетілген. Сынақтар тек үлгілердің қартаюынсыз бастапқы көрсеткіштерді бағалау үшін жүргізілді.



А



Б

Сурет 4 - Сынғыштық температурасын өлшеу нәтижелері

Сынақ нәтижелеріне сәйкес 50/70 маркалы үлгілердің сынғыштық температурасының орташа мәні - 18.5 °C, жеке мәндер - (17.8-19.7) °C диапазонында жатыр, ал вариация коэффициенті 1.9 % құрады. 70/100 маркалы үлгілердің сынғыштық температураларының орташа мәндері өндірушіге байланысты -13.4-тен -23.1 °C-қа дейін үлкен таралуды көрсетті. Егер алынған мәндерді нормативтік мәндермен салыстыратын болсақ, төмен маркалы үлгілердің сынғыштығының барлық жеке мәндері талаптарға сәйкес келеді, шекті шектен жоғары - 18.0 °C жоғары емес. 7 өндірушінің 2-і битумның жоғары маркалары үшін сынғыштық температурасы нормативтік талаптарға сәйкес келмейді, шекті көрсеткіштен жоғары -20 °C жоғары емес. модификациядан кейінгі сынғыштық температурасы, сондай-ақ жоғары маркалардың талаптарына сәйкес келеді, алайда, белгілі бір жағдайларда жоғары маркалардың сынғыштығының кейбір орташа мәндерінен төмен.

Қорытынды

1. Әр түрлі маркалар мен өндірушілердің битумдарының температуралық көрсеткіштерін бағалау бойынша сынақтар кешені орындалды. Зерттеудің міндеті модификацияға дейінгі және кейінгі 50/70 маркалы битумдардың температуралық көрсеткіштерін 70/100 маркалы битумдармен салыстыру болды. Эталон ретінде жұмсарту, тұтану және сынғыштық температурасы, сондай-ақ динамикалық тұтқырлық болды.

2. Жұмсарту температурасын өлшеу нәтижелеріне сәйкес, модификацияға дейінгі төмен маркалы (1 нұсқа) битумның бақылау үлгілері тұрақты мәндерді көрсетті, 51.2 °C, ал

модификациядан кейін 68.6°C . жұмсарту температурасының жоғарылауы, ең алдымен, битумға үлкен қаттылық беретін модификатор құрамы бар полимерлердің болуымен байланысты. Жоғары маркалы үлгілердің жұмсарту температурасы (2-8 нұсқа) орта есеппен 49.3°C құрады. Жоғары маркалы температураның өзгеруі 2.6-дан 6.6 % - ға дейін өзгереді, битумның төмен маркалы үлгілерінің қартаюынан кейінгі температураның өзгеруі орта есеппен 4.4 % құрады, ал модификациядан кейін - 5.6, бұл, ең алдымен, битумның булануы нәтижесінде оның полимерге қатысты көлемдік үлесі төмендейді, сондықтан битум қатайды. Модификацияланған үлгілердің жұмсарту температурасының өзгеруінің кері заңдылығы көбірек оң әсер етеді, өйткені 50/70 және 70/100 маркаларының шекті рұқсат етілген мәнінен көбірек алыс - 7°C аспайды.

3. Динамикалық тұтқырлықты өлшеу нәтижелеріне сәйкес, модификацияға дейінгі төмен маркалы битумның бақылау үлгілері (1 нұсқа) 363.7 Па·с құрады, ал 376.6 Па·с модификацияланғаннан кейін модификацияланған қоспаның динамикалық тұтқырлықтың өзгеруіне әсері анықталған жоқ, өйткені шамалы өзгерістер жеке өлшемдердің статистикалық қателігі шегінде жатыр және нормативтік талаптарға сәйкес келеді. Жоғары маркалы үлгілердің динамикалық тұтқырлығы (2-8 нұсқа), салыстырылатын типтер бойынша деректердің үлкен жүгірісі бар, бұл 26 % вариация коэффициентімен дәлелденген, орташа есеппен 250.2 Па·с құрады. Динамикалық тұтқырлықтың өсу коэффициенттерінің барлық көрсеткіштері 50/70 және 70/100 маркаларының шекті рұқсат етілген мәнінен аспайды - 2.5-тен аспайды. Соңғысы алынған нәтижелердің қолайлылығы, олардың нормаларға сәйкестігі туралы айтады.

4. Тұтану температурасын өлшеу нәтижелеріне сәйкес модификацияға дейінгі төмен маркалы (1 нұсқа) битумның бақылау үлгілері 281.2°C құрады, ал 281.8°C модификациядан кейін қоспаның құрамына енгізілгеннен кейін жарқыл температурасының қандай да бір өзгерістері туралы айтудың қажеті жоқ, өйткені абсолютті және жеке мәндердің шамалы өзгерістері статистикалық қателік шегінде жатыр, ол жоқ битум құрамына модификатордың жаңа компоненттерін қосуға сезімтал (қателік). 70/100 маркалы үлгілердің жарқыл температураларының орташа мәндері 271.2 – ден 310.2°C -қа дейін өзгереді, ал 70/100 маркалы үлгілердің барлық түрлері бойынша орташа көрсеткіш 292.4°C құрады.

5. Сынғыштық температурасын өлшеу нәтижелеріне сәйкес, модификацияға дейінгі төмен маркалы битумның бақылау үлгілері (1 нұсқа) -18.5°C , ал модификациядан кейін - 17.2°C осылайша, модификацияланған қоспаның әсері де сынғыштықтың өзгеруіне сезімтал болмайды, абсолютті және жеке мәндердің өзгеруі статистикалық қателік шегінде болады. 70/100 маркалы үлгілердің сынғыштық температураларының орташа мәндері өндірушіге байланысты - 13.4 - тен - 23.1°C - қа дейін үлкен дисперсияны көрсетті, ал орташа көрсеткіш - 20.1°C құрады. Сынғыштық температурасының барлық алынған жеке мәндері 50/70 және 70/100 - 230°C маркалары үшін шекті рұқсат етілген мәннен асады. төмен маркалы үлгілердің сынғыштығының барлық жеке мәндері талаптарға сәйкес келеді, шекті шектен жоғары - 18.0°C жоғары емес. битумның жоғары маркалары үшін бұл көрсеткіш 7 өндірушінің 2-і нормативтік талаптарға сәйкес келмейді (-20°C жоғары емес). Модификациядан кейінгі сынғыштық температурасы да жоғары маркалардың талаптарына сәйкес келмейді, алайда ерекше жағдайларда жоғары маркалардың сынғыштығының кейбір орташа мәндерінен төмен болады.

6. Жалпы, жүргізілген зерттеулерге сәйкес, модификатордың төмен маркалы битум құрамына енгізу температура көрсеткіштерінің нашарлауына теріс әсер етпейді. Кейбір жағдайларда оң әсер (жұмсарту температурасы), басқаларында теріс әсердің болмауы (динамикалық коэффициент, тұтану температурасы және сынғыштық) байқалады, оны жалпы зерттеудің оң нәтижесіне жатқызуға болады. Кейінгі зерттеулер модификацияланған битумдардың физикалық-механикалық көрсеткіштерін бағалауға бағытталған, бұл оның пайдалану жарамдылығын бағалау үшін негіз болып табылады (ену, дуктильділік және т.б.).

Әдебиеттер тізімі

1. Lukpanov R.E., Dyussembinov D.S., Yenkebayev S.B. and Tsygulyov D.V., Impregnation Composition to Increase the Ice-Phobic Properties of Concrete Roads. In Digital Technologies in Construction Engineering, 2022, pp. 305-311. - **журнал (на англ)**
2. Lukpanov R. E., Yenkebayev S. B., Tsygulyov D. V. and Dyussembinov D. S., Assessment of the impact of pile driving on an existing residential building by measuring the vibration effects, Vol. 2758, No. 1, 2023. - **журнал (на англ)**
3. Al-Atroush M.E., Structural behavior of the geothermo-electrical asphalt pavement: A critical review concerning climate change. Heliyon. Vol. 8, No. 12, 2022. - **журнал (на англ)**
4. Kunaev V., Bazarov B., Kadyrov A. and Konakbaeva A., Selective crushing, enrichment by friction properties and hydrophobization for obtaining the sustainable blast furnace slag aggregate for road subbase. Ain Shams Engineering Journal, 2024, p.102928. - **журнал (на англ)**
5. Ongarbayev Y., Teltayev B., Tileuberdi Y., Mansurov Z., Rossi C.O., Cal P., Seilkhanov T., Zhambalova A. and Imanbayev Y. Combined Oxidized Bitumen: Technology, Chemistry and Properties. ES Materials & Manufacturing, Vol. 24, 2023, p.1072. - **журнал (на англ)**
6. Omran M., Shafiee M. and Egorov I., Climate change challenges for flexible pavement in Canada: an overview. Journal of Cold Regions Engineering Vol. 35, Issue 4, 2021, p. 03121002. - **журнал (на англ)**
7. Yang S., Bieliatynskiy A., Pershakov V., Shao M. and Ta M. Asphalt concrete based on a polymer-bitumen binder nanomodified with carbon nanotubes for road and airfield construction. Journal of Polymer Engineering. Vol. 42, Issue 5, 2022, pp. 458-466. - **журнал (на англ)**
8. Unaibayev BZ, Unaibayev BB, Andreyachshenko V. Cast-in-situ piles encasements based on oil-bituminous rocks (kirs) in saline soils. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska. Vol. 30, No. 91, 2021. - **журнал (на англ)**
9. Porto M., Caputo P., Loise V., Eskandarsefat S., Teltayev B., Oliviero Rossi C. Bitumen and bitumen modification: A review on latest advances. Applied sciences 9, No. 4, 2019, p. 742. - **журнал (на англ)**
10. Ishaq M.A., Giustozzi F. Correlation between rheological tests on bitumen and asphalt low temperature cracking tests. Construction and Building Materials, Vol. 320, 2022, p.126109. - **журнал (на англ)**

Авторлар туралы мәліметтер:

Ашимова Салтанат Жандарбекқызы - PhD, «ҚазжолҒЗИ» АҚ филиалы жол-құрылыс материалдары бөлімінің басшысы, Алматы қ., Қазақстан, s.ashimova@qazjolgzi.kz

Ашимова Салтанат Жандарбековна - PhD, руководитель отдела дорожно-строительных материалов ФАО «КаздорНИИ», г. Алматы, Казахстан s.ashimova@qazjolgzi.kz

Ashimova Saltanat Zhandarbekovna - PhD, Head of the Road Construction Materials Department, Branch of JSC «KazdorNII», Almaty, Kazakhstan, s.ashimova@qazjolgzi.kz

Алижанов Дінмұхамбет Алижанұлы - «ҚазжолҒЗИ» АҚ филиалы зерттеу зертханасының меңгерушісі, Алматы қ., Қазақстан, d.alizhanov@qazjolgzi.kz

Алижанов Дінмұхамбет Алижанович - заведующий исследовательской лабораторией ФАО «КаздорНИИ» г. Алматы, Казахстан d.alizhanov@qazjolgzi.kz

Alizhanov Dinmukhammet Alizhanovich - Head of the Research Laboratory, Branch of JSC «KazdorNII», Almaty, Kazakhstan, d.alizhanov@qazjolgzi.kz

Бегалиева Сахыпжамал Тимерхановна - «ҚазжолҒЗИ» АҚ филиалы Жол-құрылыс материалдары және жаңа технологиялар бөлімінің жетекші инженері, Алматы қ., Қазақстан, s.begalieval@qazjolgzi.kz

Бегалиева Сахыпжамал Тимерхановна - Ведущий инженер отдела дорожно-строительных материалов и новых технологий в ФАО «КаздорНИИ» г.Алматы, Казахстан, s.begalieval@qazjolgzi.kz

Begaliyeva Sakhyppzhamal Timerkhanovna - Lead Engineer of the Road Construction Materials and New Technologies Department, Branch of JSC «KazdorNII», Almaty, Kazakhstan, s.begalieval@qazjolgzi.kz

Лұқпанов Рауан Ермағамбетұлы - PhD, қауымдастырылған профессор, «Өнеркәсіптік және тұрғын үй құрылысы технологиясы» кафедрасы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті КЕАҚ, Астана, Қазақстан, rauan_82@mail.ru

Лукпанов Рауан Ермагамбетович - PhD, ассоциированный профессор кафедры «Технология промышленного и гражданского строительства», НАО «Евразийский Национальный университетим. Л.Н. Гумилёва», Астана, Казахстан, rauan_82@mail.ru

Lukpanov Rauan Ermagambetovich - Associate Professor, Department of Industrial and Civil Construction Technology, NJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Astana, Kazakhstan, rauan_82@mail.ru

Нигметова Әсемгүл Берікқызы - «ҚазжолҒЗИ» АҚ Ғылым мен инновацияны дамыту департаментінің жетекші инженері, a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Нигметова Асемгуль Бериккызы - ведущий инженер департамента развития науки и инноваций АО «КаздорНИИ», a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Nigmatova Asemgul Berikkyzy - Lead Engineer of the Science and Innovation Development Department, JSC «KazdorNII», a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Женисов Темірлан Серіктаевич - «ҚазжолҒЗИ» АҚ сынақ зертханасының инженері, Астана қ., Қазақстан, t.zhenissov@qazjolgzi.kz

Женисов Темирлан Сериктаевич - инженер испытательной лаборатории АО «КаздорНИИ», г. Астана, Казахстан, t.zhenissov@qazjolgzi.kz

Zhenissov Temirlan Seriktaevich - Engineer of the Testing Laboratory, JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, t.zhenissov@qazjolgzi.kz

Авторлардың үлесі:

С.Ж. Ашимова - тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, визуализация, интерпретация, мәтінді дайындау, редакциялау, қаржыландыру алу.

Д.А. Алижанов - деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, интерпретация, мәтінді дайындау.

С.Т. Бегалиева - ресурстар, деректерді жинау, талдау, интерпретация, мәтінді дайындау және редакциялау.

Ө. Б. Ниғметова - деректерді жинау, талдау, мәтінді дайындау.

Т.С. Женисов - деректерді жинау, тестілеу, визуализация.

Мүдделер қақтығысы:

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Жасанды интеллектті (AI) пайдалану:

Мақаланы дайындау барысында жасанды интеллект тек тілдік редакциялау, грамматикалық және стилистикалық түзетулер енгізу мақсатында қолданылды.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НИЗКОЙ МАРКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО БИТУМА В СРАВНЕНИИ С БИТУМАМИ ВЫСОКОЙ МАРКИ

**Ашимова С.Ж.², Лукпанов Р.Е.³, Бегалиева С.Т.²,
Нигметова А.Б.^{1*}, Женисов Т.С.¹**

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

²Филиал АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», Алматы, Казахстан

³Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

*Корреспондирующий автор: a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Аннотация. Для обеспечения долговечности асфальтобетонных покрытий в зависимости от климатической зоны используются различные марки битума: для более жарких южных регионов применяются битумы марок 70/100 и ниже, а для более холодных северных - 100/130. Однако битум, вследствие воздействия температур и солнечной радиации, подвержен старению, что снижает его эластичность, адгезию и устойчивость к деформациям. Целью исследования является анализ влияния модифицирующей добавки на свойства битума низкой марки и сопоставлении полученных результатов с характеристиками битума более высокой марки. Испытания проведены на образцах битума марок М 50/70 и М 70/100 различных производителей. Было проведено ускоренное старение образцов битума в камере RTFOT, имитируя условия естественного старения. Таким образом, включение в состав битума низкой марки модификатора не оказывает негативного влияния на ухудшение его температурных показателей, более того, в частных случаях показывает результат выше, чем у битума более высокой марки.

Ключевые слова: битум, температура размягчения битума, пластичность, температура вспышки битума, хрупкость, испытание RTFOT.

ASSESSMENT OF TEMPERATURE BEHAVIOR OF MODIFIED LOW-GRADE BITUMEN COMPARED TO HIGHER-GRADE BINDERS

**S.Zh. Ashimova², R.E. Lukpanov³, S.T. Begalieva²,
A.B. Nigmatova^{1*}, T.S. Zhenisov¹**

¹ «Kazakhstan Road Research Institute» JSC, Astana, Kazakhstan

²Branch of the «Kazakhstan Road Research Institute» JSC, Almaty, Kazakhstan

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: a.nigmatova@qazjolgzi.kz

Abstract. To ensure the durability of asphalt concrete pavements, different grades of bitumen are used depending on the climatic zone: for hotter southern regions, lower-grade bitumens such as 70/100 and below are applied, while for colder northern regions, bitumen grade 100/130 is used. However, bitumen is prone to aging under the influence of temperature and solar radiation, which reduces its elasticity, adhesion, and resistance to deformation. The aim of this study is to analyze the effect of a modifying additive on the properties of low-grade bitumen and to compare the obtained results with the characteristics of higher-grade bitumen. Tests were carried

out on bitumen samples of grades M 50/70 and M 70/100 from various manufacturers. Accelerated aging of the bitumen samples was conducted in an RTFOT chamber to simulate natural aging conditions. Thus, the inclusion of a modifier in low - grade bitumen does not negatively affect the deterioration of its temperature - related properties; moreover, in some cases, it demonstrates results superior to those of higher - grade bitumen.

Keywords: bitumen, bitumen softening point, ductility, bitumen flash point, brittleness, RTFOT test.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).