

Көлік қызметі. Инженерлік іс және инженерия

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-11>

ӨОЖ: 665.775.4

GTAMP: 61.01.91

Жол төсемінің өнімділік қасиеттерін жақсарту мақсатында мұнай битумын модификациялау**¹Алмагамбетова С.Т. ²Алмагамбетова Ш.Т.**¹Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ, Қазақстан.²Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан*Автор-корреспондент email: sh.alma@mail.ru

Мақала келді:
30 қантар 2024
Сараптамадан өтті:
27 ақпан 2024
Қабылданды:
06 мамыр 2024

Түйіндеме

Бұл зерттеу Қазақстанда битум өндірісі мен оны полимерлермен модификациялау саласындағы өзекті мәселелерді қарастырады. 2023 жылы Қазақстанда мұнай битумы өндірісі өткен жылмен салыстырғанда 3,5%-ға төмендегені байқалды. Мұнай битумдарының физика-химиялық қасиеттері олардың құрамына, өндіріс әдістеріне және термолиз процесінің параметрлеріне байланысты екені анықталды. Зерттеу барысында полимер қалдықтарын, атап айтқанда полиэтилен мен термопластикалық эластомерлерді, битум модификаторы ретінде қолдану тиімділігі зерттелді. Полимер қоспалары битумның жұмсарту температурасын арттыруға, тұтқырлық пен серпімділікті жақсартуға, жоғары температура мен қарқынды жүктемелерге төзімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні анықталды. Эксперимент нәтижелері құрамында 3% полиэтилен және 3% пластификатор бар полимер-битум байланыстырғыштардың ең жоғары өнімділік қасиеттерін көрсеткенін дәлелдеді. Сонымен қатар, зерттеу барысында полимерлі модификацияланған битумдардың асфальтбетон қоспаларының физика-механикалық сипаттамаларын жақсартуға ықпал ететіні анықталды. Бұл технологиялар жол жабындарының беріктігін, жарықшақтарға және температура өзгерістеріне төзімділігін арттырып, ұзақ қызмет мерзімін қамтамасыз етеді. Зерттеу қорытындылары полимер қалдықтарын кәдеге жарату арқылы экологиялық және экономикалық тиімділікке қол жеткізуге болатындығын көрсетті. Осылайша, зерттеу нәтижелері битум өндірісі мен қолдану саласында инновациялық шешімдер әзірлеу үшін ғылыми негіз бола алады.

Түйін сөздер: мұнай жол битумы, модификация, асфальтбетонды жабын, нормативтік талаптар.

Алмагамбетова Ш.Т.	Авторлар туралы ақпарат: Экономика ғылымдарының кандидаты, "Экономика" кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3045-3935 . E-mail: sh.alma@mail.ru
Алмагамбетова С.Т.	Экономика ғылымдарының кандидаты, Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ, Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4779-8243 E-mail: s.t.almagambetova@mail.ru .

Transportation Services. Engineering

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-11>

UDC: 665.775.4

IRSTI: 61.01.91

Modification of oil bitumen in order to improve the performance properties of the road surface**¹Almagambetova S.T., ^{*2}Almagambetova Sh.T.**¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan²Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Republic of Kazakhstan*Corresponding author email: sh.alma@mail.ru

Received:

30 January 2024

Peer-reviewed:

27 February 2024

Accepted:

06 May 2024

Abstract

This study examines topical issues in the field of bitumen production and its modification with polymers in Kazakhstan. In 2023, oil bitumen production in Kazakhstan decreased by 3.5% compared to last year. It was found that the physico-chemical properties of Petroleum bitumen depend on their composition, production methods and parameters of the thermolysis process. In the course of the study, the effectiveness of the use of polymer residues, in particular polyethylene and thermoplastic elastomers, as bitumen modifiers was investigated. It was found that polymer additives make it possible to increase the softening temperature of bitumen, improve viscosity and elasticity, provide resistance to high temperatures and intensive loads. The results of the experiment proved that polymer-bitumen binders containing 3% polyethylene and 3% plasticizer showed the highest performance properties. In addition, in the course of the study, it was found that polymeric modified bitumen contributes to improving the physico-mechanical characteristics of asphalt concrete mixtures. These technologies increase the strength of road surfaces, resistance to cracks and temperature changes, ensuring a long service life. The results of the study showed that environmental and economic benefits can be achieved through the disposal of polymer waste. Thus, the results of the study can serve as a scientific basis for the development of innovative solutions in the field of bitumen production and application.

Keywords: improved petroleum road bitumen, resistance to thermal-oxidative aging, regulatory requirements.

*Almagambetova Sh.T.***Information about authors:**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department "Economics", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3045-3935>. E-mail: sh.alma@mail.ru

Almagambetova S.T.

Candidate of Economic Sciences, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4779-8243>. E-mail: s.t.almagambetova@mail.ru

Транспортные услуги. Инженерия и инженерное дело

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-11>

УДК: 665.775.4

МРНТИ: 61.01.91

Модификация нефтяного битума с целью улучшения эксплуатационных свойств дорожного полотна**¹Алмагамбетова С.Т., ²Алмагамбетова Ш.Т.**¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан.²Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г.Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент email: sh.alma@mail.ru

Поступила:
30 января 2024
Рецензирование:
27 февраля 2024
Принята в печать:
06 мая 2024

Аннотация

Данное исследование рассматривает актуальные вопросы в области производства битума в Казахстане и его модификации полимерами. В 2023 году отмечено снижение добычи нефтяного битума в Казахстане на 3,5% по сравнению с прошлым годом. Установлено, что физико-химические свойства нефтяных битумов зависят от их состава, методов производства и параметров процесса термоллиза. В ходе исследования была изучена эффективность использования полимерных отходов, в частности полиэтилена и термопластичных эластомеров, в качестве модификаторов битума. Установлено, что полимерные добавки позволяют повысить температуру размягчения битума, улучшить вязкость и эластичность, обеспечить устойчивость к высоким температурам и интенсивным нагрузкам. Результаты эксперимента доказали, что полимерно-битумные связующие, содержащие 3% полиэтилена и 3% пластификатора, показали самые высокие эксплуатационные свойства. Кроме того, в ходе исследования было установлено, что полимерные модифицированные битумы способствуют улучшению физико-механических характеристик асфальтобетонных смесей. Эти технологии повышают прочность дорожных покрытий, устойчивость к трещинам и перепадам температур, обеспечивая длительный срок службы. Результаты исследования показали, что экологическая и экономическая эффективность может быть достигнута за счет утилизации полимерных отходов. Таким образом, результаты исследования могут стать научной основой для разработки инновационных решений в области производства и применения битума.

Ключевые слова: битум нефтяной дорожный, модификация, асфальтобетонное покрытие, нормативные требования.

Алмагамбетова С.Т.	Информация об авторах: Кандидат экономических наук, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4779-8243 . E-mail: s.t.almagambetova@mail.ru .
Алмагамбетова Ш.Т.	Кандидат экономических наук, ассоциированный профессор кафедры «Экономика», Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3045-3935 . E-mail: sh.alma@mail.ru

Кіріспе

Жол жабындарының сапасын арттырудың перспективті бағыттарының бірі – асфальтбетон жабындарын өндіруде полимер қалдықтарын қамтитын әртүрлі қоспаларды пайдалану болып табылады.

Қазақстан Республикасындағы автомобиль жолдарын пайдалану тәжірибесі олардың асфальтбетон жабындарының төзімділігі стандартты мерзімдерден төмен екенін көрсетеді. Бұл жағдай жабындардың жиі зақымданып, жөндеуді талап етуіне әкеледі, ал бұл өз кезегінде техникалық-экономикалық және экологиялық мәселелерге алып келеді.

Сонымен қатар, ірі компаниялардың саладағы негізгі рөлінің артуы жол құрылысының мәдениетін жаңа деңгейге көтеруді қажет етеді. Жол және мұнай өнеркәсібі арасындағы өзара іс-қимылдың үздік тәжірибесі ретінде Shell компаниясының үлгісін атап өтуге болады. Shell тек битум жеткізушісі ғана емес, сонымен қатар жол құрылысшыларына түрлі сыртқы жағдайларға бейімделген кешенді шешімдерді ұсына отырып, асфальтбетон құрамдарын жетілдірумен айналысады. Компания өзінің ғылыми-зерттеу және тәжірибелік базасының арқасында битум өнімдерінің сапасын арттырумен қатар, полимер қалдықтарын қоса отырып, инновациялық материалдарды әзірлеуде көш бастап келеді.

Мұндай тәсілдер Қазақстан Республикасының жол шаруашылығында да кеңінен қолданылуы тиіс. Полимерлі қоспаларды қолдану асфальтбетон жабындарының беріктігін, температура тұрақтылығын, қартаюға төзімділігін арттырады. Сонымен бірге, бұл әдіс экологиялық тұрғыдан тиімді, себебі полимер қалдықтарын қайта өңдеуге және оларды пайдалы құрылыс материалдарына айналдыруға мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандардан шығатын қорытынды – жол жабындарының сапасын арттыру үшін инновациялық технологияларды енгізу, соның ішінде полимерлі қоспаларды қолдану аса маңызды және қажетті шара болып табылады.

Әдістері

Битумды полимерлермен (полиэтилен қалдықтары, термопластикалық эластомер DST-30-01) және пластификатормен (өнеркәсіптік май I-40) модификациялау процесі сипатталды. Полимер-битум байланыстырғыштар зертханалық қондырғыда дайындалды: металл цилиндрлік араластырғыш ыдыста, электр плитасымен қыздырылатын құм ваннасында. Құрамына белгілі бір мөлшерде пластификатор мен қыздырылған битум енгізілді. Полимер 150-160°C температурада балқытылып енгізілді, біртекті болу үшін баяу араластырылды, содан кейін температура 190-200°C дейін көтеріліп, 30-40 минут бойы қарқынды араластырылды. Әр түрлі полимер концентрациялары (битум массасы бойынша 1, 2, 3, 4%) қолданылды. Құбырлар өндірісіндегі қайта өңделген полиэтилен үлгілерінің физикалық-механикалық қасиеттері зерттелді (тығыздығы төмен және жоғары полиэтилен қалдықтары қолданылды). Битумды зерттеу кезінде стандартты сынамалар алынды және зертханалық жағдайда EN 12607-2 әдісімен жұқа пленкада қыздыру жүргізілді. ПББ компоненттерінің араласу процесі механикалық қалақшалы араластырғыштың көмегімен зертханалық трансформатор арқылы реттелетін жылдамдықпен бақыланды.

Нәтижелер

2023 жылғы желтоқсанда қазақстандық кәсіпорындар 74 мың тонна кокс пен мұнай битумын өндірді, бұл өткен жылдың сәйкес көрсеткішінен 64,4% - ға жоғары. 2023 жылы Қазақстанда барлығы 1483 мың тонна кокс пен мұнай битумы өндірілді, бұл 2022 жылмен салыстырғанда 3,5% - ға төмен. Битумдар (лат. bitumen-тау шайыры), қатты немесе шайыр тәрізді өнімдер. Мұнай битумдары құрамында көміртегі мен сутектен тұратын жартылай қатты және қатты өнімдер, құрамында оттегі, күкірт, азот бар қосылыстардың белгілі бір

мөлшері, сондай-ақ бірқатар металдар (Fe, Wg, V, Ni және т.б.) бар. Олардың элементтік құрамы келесі (массалар, %) : көміртегі 80-85, сутегі 8-11,5, оттегі 0,2-4, күкірт 0,5-7, азот 0,2-0,5. Мұнай битумдары – дисперсиялық орта майлар мен шайырлар, ал дисперсті фаза - асфальттар мен май өндірісінің сығындылары бар қоспалардың асфальтендері болатын дисперсті жүйелер. Жоғарыда көрсетілген тотыққан және тотықпаған өнімдерді құрастыру арқылы құрылыс мұнай битумдарын алуға рұқсат етіледі. Мұнай құрылыс битумдары мынадай маркаларға ие: БН-50/50, БН-70/30, БН-90/10. Алғашқы екі әріп "мұнай битумын" білдіреді, бірінші сан - битумның жұмсарту температурасы, ал екіншісі - суық битумның шартты қаттылығы. Битумдардың қасиеттері - өндіріс әдістеріне, шикізаттың сапасына (өңделетін мұнайдың табиғаты), сондай - ақ термолиз процесінің параметрлеріне - температураға, қысымға, ұзақтыққа байланысты. Әр-түрлі сипаттағы мұнайдан жоғары сапалы битумдарды алу (компоненттік құрам) белгілі бір процестің өндірістің жалпы технологиялық схемасына қосқан үлесін ғана емес, сонымен қатар оларды жүргізу ретін де дұрыс анықтаған кезде мүмкін болады.

Битум - әртүрлі химиялық реагенттердің әсеріне өте жақсы қарсы тұрады, су мен газға төзімді, әр түрлі сәулеленуге және ұзақ мерзімді жылу әсеріне төзімді. Битумдардың осындай құнды қасиеттері арзан бағамен және жаппай өндіріспен үйлесіп, оларды экономиканың көптеген салаларында таптырмас етті. Аморфты зат болғандықтан, битумның балку температурасы болмайды. Қатты күйден сұйықтыққа ауысу жұмсарту температурасымен сипатталады, ол әдетте "сақина мен шар" әдісімен анықталады. Битумдардың қаттылығы енуді өлшеу арқылы бағаланады, ал икемділік созылу (дуктильділік) арқылы бағаланады. Битумдар суда ерімейді, бензолда, хлороформда, күкіртті көміртеkte және басқа органикалық еріткіштерде толық немесе ішінара ериді; тығыздығы 0,95-1,50 г/см³.

Битумның компоненттік құрамы оның коллоидтық құрылымы мен реологиялық мінез - құлқын және сол арқылы стандартты жағдайларда анықталған шартты сапа көрсеткіштерімен сипатталатын техникалық қасиеттерді анықтайды. Битумды құрайтын қосылыстардың алуан түрлілігіне байланысты осы күрделі қоспадан кез-келген жеке заттарды бөліп алу мүмкін емес. Битумдардан азды - көпті таза түрде оқшаулауға болатын қосылыстардың жалғыз класы - парафиндер. Битумдардың құрамының күрделілігі олардың молекулалық салмағының таралуы 300-ден 40000-ға дейінгі немесе одан да көп шекараларды қамтитындығымен расталады. Мұның бәрі битумдарды талдау қиын, дәл емес және олардың құрамының үлкен немесе аз монотондылығымен ерекшеленетін сипаттамалық топтарды ғана бөлуді мақсат етеді. Мұнай битумдарының құрамына ерігіштігі бойынша ерекшеленетін заттардың келесі топтары кіреді: хлороформда, күкіртті көміртеkte еритін, спиртте, эфирде және ацетонда ерімейтін асфальтендер (мұнайдың ең жоғары молекулалық қосылыстары). Асфальтендер битумның қаттылығы мен жоғары жұмсарту температурасын, шайырларды - оның икемділігі мен цементтеу қасиеттерін, майларды - аязға төзімділігін анықтайды; асфальтоген қышқылдары - алкогольде, хлороформда еритін, бензинде нашар еритін қышқыл шайырлы заттар; мұнай майларында, бензолда, эфирде, хлороформда еритін және қызған кезде тығыздалатын бейтарап шайырлар және қышқылмен өңдеу асфальтендер; мұнай майлары; карбендер-күкірттің қатысуымен асфальтендердің тығыздалуы нәтижесінде түзілетін жоғары молекулалы заттар; пиридинде, күкіртті көміртеkte ериді.

Битумды ең танымал инженерлік-құрылыс материалдарының бірі ретінде қолдану оның жабысқақ және гидрофобты қасиеттеріне негізделген. Битумның негізгі тұтынушысы - бұл жол құрылысы (шамамен 90%), ең алдымен, мұнай битумы жол жабындарын орнатуда тұтқыр зат ретінде қолдануға арналған ең арзан және әмбебап материал болғандықтан. Жол құрылысында битумдарды пайдалану жолдарды жабуға ұзақ өміршендік пен ауа-райына төзімділікті сақтай отырып, кең температура аралықтарында жоғары статикалық және динамикалық жүктемелерге төтеп беруге мүмкіндік береді. Жол төсемінде қолданылатын тұтқыр битумдар тас материалдар арасында тұтқыр ретінде қолданылады. Жол төсемінің

беріктігі көбінесе қолданылатын битумның маркасына және оның сапасына байланысты. Жолдарды салу және жөндеу кезінде битумды еріткішпен сұйылтуға болады (керосин фракциясы). Сұйылтылған битумдар тез, орташа және баяу қататын брендтерге бөлінеді. Жол битумының сапасы негізінен жол жабындарының беріктігін анықтайды. Жол төсеміндегі жарықтардың пайда болуы оның қызмет ету мерзімін 85%-ға аяқтағанын білдіреді. Битумның "сынғыштық температурасы" көрсеткіші жол төсемінің қарқынды жарылуы басталғанға дейінгі уақытты сипаттайтыны анықталды, өйткені оны анықтау қыста температураның күрт өзгеруімен жол төсемінің ең қауіпті күйін көрсетеді. БНД битумдарының физикалық-химиялық көрсеткіштерінің арақатынасы жол төсеміне ең үлкен жарыққа төзімділікті, ұзақ су мен аязға төзімділікті қамтамасыз етеді. Жол төсемдері ең ықтимал көлік жүктемелерінің ауқымы мен түрін ескере отырып, белгілі бір жұмыс кезеңіне жобалануы керек. Соңғы жылдары көлік қозғалысының қарқындылығы күрт өсті, шинаның қысымы жоғары ауыр жүк көліктерін пайдалану арқылы жол төсеміне жүктеме көбейді. Бұл асфальтбетон жабындарының тез бұзылуына әкеледі, олар колея, және олардың құрамына кіретін материалдарды ұсақтау түрінде көрінеді. Температура жоғарылаған сайын дисперсиялық ортаның мөлшері артады, ал адсорбциялық-сольваттық қабықшалардың ені битум компоненттерінің дисперсті фазадан адсорбциялық-сольваттық қабыққа және одан әрі дисперсиялық ортаға қайтымды ауысуы арқылы азаяды. Асфальтбетонның серпімді қасиеттері, температураның осы аймағындағы битум сияқты, SSE арасындағы икемді байланыстармен, олардың жүктеме әсерінен деформациясымен және оны алып тастағаннан кейін бұрынғы пішінін қалпына келтірумен қамтамасыз етіледі.

Жол төсемінің беріктігі көбінесе қолданылатын битумның маркасына және оның сапасына байланысты. Ғимараттардың іргетастарын гидроокшаулау үшін қолданылатын БН құрылыс маркаларының битумдары аз енуімен және дуктильділігімен және жоғары жұмсарту температурасымен (37-ден 105⁰С-қа дейін) ерекшеленеді, яғни олар отқа төзімді және қатты. Ауамен тотығу асфальт-шайырлы заттардың құрамын едәуір арттыруға мүмкіндік береді, бұл битумдардың құрамындағы ең қажетті компонент.

Тотыққан битумдарды өндіру үшін мұнайды құрамы бойынша жіктеу ұсынылады (% , мас.) оларда асфальтендер (А), шайырлар (С) және қатты парафиндер (П) болады. Битум өндірісінің негізгі процесі - тотығу-шайырларды ауамен тазарту. Тотыққан битумдар мерзімді және үздіксіз әсер ететін құрылғыларда алынады. Соңғысы үнемді және техникалық қызмет көрсету оңай. Тотыққан битумдарды алу принципі ауаның қатысуымен жоғары температурада тығыздау реакцияларына негізделген, бұл асфальт концентрациясының жоғарылауына әкеледі, битумдардың жұмсарту температурасының жоғарылауына ықпал етеді және тауарлық өнімнің адгезиялық және серпімді қасиеттерін жақсартатын шайырлар.

Битум өндірісінде қолданылатын аппараттар - құбырлы реакторлар немесе тотықтырғыш колонналар. Әр түрлі тотыққан және қалдық битумдарды, сондай-ақ мұнай қалдықтары мен дистилляттарды араластыру арқылы аралас битумдар алынады. Қатты немесе вископластикалық және сұйық мұнай битумдары құрылыста кеңінен қолданылады. Олар жол жабындарын, аэродром жабындарын, тегіс шатырларды, суару каналдарын, бояу және химия өнеркәсібінде гидроокшаулағыш және шатыр материалдарын өндіру үшін қолданылады. Құрылыс өндірісінде ең көп таралған битумды шатыр жабындары болды.

Битумның тұтқырлығы температурадан өзгереді. Төмен температурада битумның тұтқырлығы салыстырмалы түрде төмен және ол қатты дененің қасиеттеріне ие болады. Температура жоғарылаған сайын битумның тұтқырлығы төмендейді. Бұл жағдайда битум қатты денеден сұйық күйге ауысады. Құрылымдық жүйесі бар тұтқыр битумдар үшін тұтқырлық көрсеткіші физикалық тұрақты емес екенін ескеру қажет. Қалыпты температурадағы тұтқыр битумдар сдысу деформацияларына қосымша қарсылық көрсету қабілетіне ие. Бұл жағдайда олардың тұтқырлығы деформация жылдамдығына байланысты. Алайда, битумдағы құрылымдық байланыстар бұзылған кезде деформация жылдамдығының тұтқырлық көрсеткішіне әсері төмендейді.

Мұның бәрі битум тұтқыр брендін оңтайлы таңдау арқылы асфальтбетон қоспасын жобалаудың жаңа жүйесіне көшуді негіздейді. Жаңа жүйе арнайы әзірленген «PG grade» шкаласына негізделген, ол оны қолданудың температуралық диапазондарын ескере отырып, тұтқыр заттың реологиялық қасиеттеріне негізделген. Битумның құрамы мен қасиеттеріне шикізаттың табиғаты ғана емес, сонымен қатар оларды дайындау технологиясы да әсер ететінін ескерсек [1], жоғары сапалы өнім алудың технологиялық әдістерін зерттеу және жетілдіру өзектілігін жоймайды.

«Жақсартылған мұнай жол битумдары. Техникалық шарттар» Стандартты белгілі бір физика-химиялық параметрлерге, қартаюға төзімділікке және байланыстырғыштың осы түріне арналған қасиеттердің тұрақтылығына жоғары талаптарды белгілейді. Битумның осы сорттарын әзірлеу және өндіру соңғы өнім сапасының шикізат қасиеттеріне тәуелділігін азайту мақсатында жүргізілді. Жақсартылған битум қасиеттерінің нормативтік талаптарға сәйкестігін анықтау үшін қызметкерлер БНДУ-60 және БНДУ-85 маркалы битум үлгілерін сынақтан өткізді. Сынамаларды іріктеу тікелей битум резервуарынан тас жол жөндеу орындарына келгенде жүргізілді.

Ұқсас жағдай EN 12607-2 әдісі бойынша жұқа қабықшада қыздырылғаннан кейін «25°C-та созылғыштық» индикаторының талаптарына сәйкес келмейтін БНДУ-85 битумының үлгілеріне қатысты байқалды. Сондай-ақ, битумның екі сортына да тән қасиет пенетрометрлік иненің ену тереңдігінің салыстырмалы түрде өзгермеген мәндерімен жұқа қабықшада қыздырғаннан кейін (3-4 есе) динамикалық тұтқырлықтың жоғарылауы екенін атап өткен жөн. байланыстырушы заттардың сапасын бағалаудың дәстүрлі әдістемесі жеткіліксіз ақпараттандырылған деген көзқарас. Асфальтбетон қоспаларының сапасын анықтайтын маңызды аспектілердің бірі битум пленкасының тас материалының бетіне жабысу күші болып табылады.

Қиыршық тастың бетін битуммен сулау минералды материалмен араласқан кезде байланыстырғыштың біркелкі таралуын және жақсы жабысуын қамтамасыз етудің қажетті шарты болып табылады.

Толтырғыш бетінің байланыстырғышпен сулану қарқындылығы ауа мен байланыстырғыш түйіспедегі беттік керілуге тікелей байланысты және дайындау кезінде асфальтбетон қоспасының құрамдас бөліктерінің температурасына байланысты. Амдор-9 желім қоспасының қиыршық тас беттерін битуммен әр түрлі температурада сулану қарқындылығына әсерін зерттеу ерекше қызығушылық тудырды.

Тәжірибе мақсатында битумның эталондық шыны бетінің сулануының жанасу бұрышы экранға тамшыны проекциялау әдісімен анықталды. Зерттеулер БНДУ-60 және БНДУ-85 битумдарының таза үлгілері бойынша жүргізілді және 0,5% Амдор-9 қоспасымен модификацияланды. Зерттеу нәтижелері үлгі құрамына адгезивті қоспаны енгізген кезде тірек бетін байланыстырғышпен сулаудың жанасу бұрышының төмендеуін көрсетеді. Ұсынылған деректер EN 12607-2 (75-85%) әдістемесі бойынша жұқа пленкада қыздырғаннан кейін БНДУ-60 битумдарының созылу көрсеткішінің айтарлықтай төмендегенін, осы көрсеткіш үшін нормативтік мәндерге қол жеткізуге мүмкіндік бермейтін пенетрометр инесінің ену тереңдігінің шамалы өзгергенін көрсетеді. Осы брендтің битумдары үшін динамикалық тұтқырлықтың жоғарылауының жоғары коэффициенті (4,35) тіркелді, бұл жоғары температураның әсерінен айтарлықтай құрылымдық өзгерістерді көрсетті, бұл жылытудан кейінгі массаның айтарлықтай өзгеруімен де көрінеді (0,2-0,24%). Зерттеулер нәтижесінде БНДУ-60 битум сынамаларының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері нормативтік талаптарды қанағаттандырғаны анықталды, бірақ материалдың термототығу қартаю процестеріне төзімділігінің жеткіліксіздігін көрсететін жұқа пленкада қыздырудан кейінгі қасиеттер көрсеткіштері бойынша сәйкессіздіктер болды.

Сондықтан, жаңа, озық материалдар мен технологияларды қолданбай, автомобиль жолдарын көлік ағынының талаптарына жауап беретін жағдайда ұстау мүмкін емес. Жол төсемінің қызмет ету мерзімінің күрт төмендеуіне әсер ететін негізгі фактор асфальтбетон

қоспаларында байланыстырғыш ретінде сапасыз битумды пайдалану болып табылады, өйткені микрожарықтар негізінен оның қабығында дамиды.

Жол құрылысында мұнай битумының кеңінен қолданылуына қарамастан, битумға деген сұраныс толық қанағаттандырылмайды, өйткені Көптеген битумды материалдардың сапасы құрылыс саласының қазіргі талаптарына толық сәйкес келмейді. Битумның өнімділік қасиеттері агрессивті ортаның әсерінен нашарлайды және әрқашан қажетті сапа талаптарына сәйкес келмеуі мүмкін.

Битумның қасиеттерін жақсартуға толтырғыштарды, беттік белсенді заттарды және әртүрлі модификаторларды, атап айтқанда полимер қалдықтарын енгізу арқылы қол жеткізуге болады. Қазақстан Республикасының халқы бүгінде 18 миллион адамды құрайды. Бір адамға жылына 353 кг тұрмыстық қатты қалдықтар (ТҚҚ) келеді. Олардың 15%-ы Ресей мен АҚШ-пен салыстырғанда полимер қалдықтары, оларда полимер қалдықтары сәйкесінше 6% және 8% құрайды [2].

Мысалы, 100 мың тұрғыны бар қалада ай сайын 20 тоннаға жуық пластикалық полиэтилен бөтелке лақтырылады және бұл көлем жыл сайын еселеп артып келеді. Демек, халықты экологиялық апаттан құтқаратын – қайта өңдеу. Битумды әртүрлі полимерлердің көмегімен модификациялаудың және өнімділік қасиеттері жақсартылған полимер-битум байланыстырғышын алудың көптеген жолдары бар.

Полимерлермен және олардың қалдықтарымен модификацияланған битум ыстық ауа райында пластикалық деформацияға жоғары төзімді және нөлден төмен температурада крекингке айтарлықтай төзімді. Бұл қасиеттердің жақсарту дәрежесі битумға қосылатын полимердің мөлшері мен құрамына байланысты. Битумды полимерлермен модификациялау композиттік жабындардың ыстыққа және аязға төзімділігін, химиялық төзімділігін, иілгіштігін және серпімділігін арттыруға мүмкіндік береді [3].

Ресей ғалымдарының бірқатар еңбектері асфальтбетон қоспаларын өндіруде полимерлерді қоспалар ретінде пайдалануға арналған. Сонымен, жұмыста резеңке-битум байланыстырғышты дайындаудың сатылы технологиялық процесінің физика-химиялық қасиеттеріне әсері бойынша зерттеулер жүргізілді. Тәжірибе жүргізілді, онда байланыстырғышты дайындау процесі әртүрлі технологиялық параметрлер бойынша салыстырылды.

Резеңке-битум композициясының концентрлі суспензиясын алдын ала дайындау арқылы композиттік резеңке-битум байланыстырғышты екі кезеңде дайындау оңтайлы екені анықталды. Берілген термомеханикалық әсер режимінде байланыстырушы ең жақсы физикалық-химиялық қасиеттерге ие болады. Макромолекулалардың молекулалық салмағы мен құрылымы бойынша ерекшеленетін 1,2-полибутадиендері бар полимер-битум композицияларының қасиеттерін зерттеді. Битум құрамына 1,2-полибутадиенді енгізу негізгі өнімділік қасиеттерінің айтарлықтай жақсартуына және битум байланыстырғыштың өнімділігінің температуралық диапазонының кеңеюіне әкелетіні көрсетілген. 1,2-полибутадиендер негізіндегі полимерлі-битум композициялары қазіргі уақытта қолданылып жүрген дивинилстирол термопластикалық эластомерге балама ретінде жол құрылысында практикалық қолдану үшін ұсынылады. Полимерлі материалдармен модификацияланған мұнай битумдары зерттелген жұмыс қызғылықты кем емес [4].

Полимер материалдары ретінде полиэтилен қалдықтары мен термопластикалық эластомер DST-30-01 пайдаланылды. Алынған полимер-битум байланыстырғыштың адгезиялық қасиеттерін минералды толтырғыштармен жақсарту үшін «Амдор-10» адгезивті қоспасы қолданылды. Алынған полимер-битум байланыстырғышты асфальтбетонға енгізу оның физика-механикалық сипаттамаларын жақсартуға көмектесетіні анықталды. Термопластикалық қалдықтарды пайдалану аналогтармен салыстырғанда полимер битум тұтқырының құнын төмендетуді қамтамасыз етеді. Алынған жол байланыстырғыштың сапа көрсеткіштерін жақсарту үшін мұнай битумын полимерлі материалдармен модификациялау бойынша белгілі

жұмыстар бар. Алынған полимер-битум байланыстырғышты асфальтбетонға енгізу оның физика-механикалық сипаттамаларын жақсартуға көмектесетіні анықталды.

Асфальтбетон қоспаларында қайта өңделген (ескі) полиэтиленді қолдану мәселесін шешу үшін тығыздығы төмен полиэтиленнің (ауыл шаруашылығы мақсатындағы пленка, 6-8 ай бойы пайдаланылады) және жоғары тығыздықтағы полиэтиленнің (орау материалы мен ыдыстары) физикалық-механикалық қасиеттеріне эксперименталды зерттеулер жүргізді. Автор қайта өңделген полиэтиленнің беріктік пен деформациялық қасиеттерін сақтайтынын және оны полиэтилен-битум композицияларын өндіру үшін модификациялаушы қоспа ретінде пайдалануға болатынын көрсететін зерттеу нәтижелерін ұсынады.

Полиэтиленмен модификацияланған асфальтбетоннан жасалған жол жабындарының артықшылығы және оны өндіру технологиясы көрсетілген. Полимер қалдықтарын битум модификаторы ретінде пайдалану оның физикалық-механикалық қасиеттерін арттыруға, минералды компоненттермен адгезияны жақсартуға, жол құрылымының беріктігін, деформацияға төзімділігін, аязға төзімділігін және суға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Алайда Қазақстан Республикасында полимерлі материалдардың қалдықтарын қоспалар ретінде пайдалану жұмыстары аз зерттелген. Полимерлер қосылған асфальтбетон қоспалары жол асфальтбетонының физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартса, төмен температурада жарықшаққа төзімділігін, ал жоғары температурада ығысуға төзімділігін арттырады. Сондықтан, полимер қалдықтарын пайдалана отырып, жол битумының физика-механикалық қасиеттерін жақсарту саласындағы зерттеулер бүгінгі күнге дейін өзекті болып табылады. Жоғарыда айтылғандарға байланысты бұл жұмыстың мақсаты БНД 70/100 маркалы мұнай жол битумын полиэтилен қалдықтарымен модификациялау арқылы пайдалану сипаттамаларын жақсарту болып табылады. Құбырларды жасау үшін жоғары тығыздықтағы полиэтилен ПЭ-100 қолданылады. Цехте қалдықтар түйіршіктер немесе үлпек түрінде біртекті материалға (экструдерде) қайта өңделеді. Одан қайта өңделген полиэтилен жеткілікті жоғары беріктік пен деформациялық қасиеттерді сақтайды және битумға модификациялаушы қоспа ретінде пайдалануға болады.

Пластификатор ретінде өнеркәсіптік май I-40 пайдаланылды. I-40 майы жалпы мақсаттағы өнімдер класына жатады және әртүрлі өндірістер мен техникалық жабдықтардың бөлімшелерінде пайдалану үшін қолданылады. Сонымен қатар полимер-битум байланыстырғыштарын дайындауда пластификатор ретінде қолданылады. Пластификатор битумның полимермен араласу уақытын қысқартады, тұтқырлықты арттырады және алынған ПМБ қасиеттерін жақсартады.

Жаңа ресурстық база ретінде қайта өңделген материалдарды пайдалану әлемдегі полимерлі материалдарды өңдеудің ең дамып келе жатқан бағыттарының бірі болып табылады. Полимерлі материалдардың қалдықтарын кәдеге жарату маңызды экологиялық проблема болып табылады. Жол құрылысының әлемдік трендінде полимер модификаторлары жол битумының қасиеттерін жақсарту үшін көп жылдар бойы қолданылып келеді. Жоғарыда айтылғандай, битумды полимерлермен модификациялағанда өнімділік қасиеттері жақсартылған полимер-битум байланыстырғыш (ПББ) алынады.

ПББ зертханалық қондырғыда көлемі кемінде 0,5 л болатын металл цилиндрлік араластырғыш ыдыста дайындалады. Араластырғыш ыдысқа жылу құм ваннасы арқылы электр плитасы арқылы беріледі. Миксердегі температура термометр арқылы бақыланады. ПББ компоненттері механикалық қалақшалы араластырғыштың көмегімен араластырылады, оның жылдамдығы зертханалық трансформатордың көмегімен басқарылады.

Битумның қажетті мөлшері металл ыдысқа жүктеледі, белгілі бір мөлшерде пластификатор қосылады, содан кейін қыздыру қосылады және біртекті болғанша араластырылады. 150-160°C температурада екіншілік ПЭ балқытылған битумға бөліктермен енгізіледі. Алдымен полимер толығымен дымқыл және біркелкі бөлінгенше қоспаны араластырады (мүмкіндігінше баяу). Содан кейін қоспаны 190-200°C дейін бірте-бірте қыздыра отырып, қарқынды араластыруды бастаңыз. Араластыру 30-40 минутта жүргізіледі. Полимер-битум

байланыстырғыш қасиеттерінің өзгеруі әртүрлі полимер концентрацияларында зерттелді: битум салмағы бойынша 1, 2, 3, 4%.

Битумды модификациялау процесінде дисперсиялық ортадағы құрылымдық элементтердің молекулааралық адгезиялық күші пайда болады. Біріктіру механизмі жоғары температурада үнемі араластыра отырып, кейін біртекті жүйенің пайда болуымен жүреді. Маңызды фактор - битум мен полимердің одан әрі қабатсыздануын болдырмайтын ПМБ құрылымдық тұрақтылығы.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, полимер қалдықтарын, атап айтқанда полиэтилен мен термопластикалық эластомерлерді битум модификаторы ретінде қолдану жол жабындарының сапасын айтарлықтай жақсартады. Полимерлі модификаторларды қолдану арқылы битумның физика-химиялық қасиеттері, атап айтқанда жұмсарту температурасы, тұтқырлық, серпімділік және жарықшаққа төзімділігі жоғарылайды. Бұл жол жабындарының жоғары температурадағы пластикалық деформацияға төзімділігін арттыруға, сондай-ақ төмен температурадағы крекингті азайтуға мүмкіндік береді. Зерттеулерде пайдаланылған полиэтилен қалдықтары мен термопластикалық эластомерлер Қазақстандағы тұрмыстық қалдықтар құрамындағы полимер үлесінің көптігіне байланысты экологиялық мәселелерді шешудің де тиімді әдісі болып табылады. Қайта өңделген полимер қалдықтарын пайдалану арқылы өндірістік процестердің экономикалық тиімділігі артып, табиғи ресурстарды үнемдеу және қалдықтарды азайту секілді артықшылықтарға қол жеткізуге болады.

Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері 3% полиэтилен және 3% пластификатор қосылған полимер-битум байланыстырғыштардың ең жоғары өнімділік қасиеттерін көрсетті. Бұл байланыстырғыштар жол жабындарының ұзақ мерзімділігі мен ауа райына төзімділігін арттыруда тиімді екенін дәлелдеді. Битум модификациясының зертханалық әдістері оның өнеркәсіптік деңгейдегі өндірілуіне негіз болады. Алайда, зертханалық және өндірістік жағдайлар арасындағы айырмашылықтарды ескерген жөн. Сондықтан алынған нәтижелерді ірі өндірістік ауқымда тексеру қажет.

Зерттеу барысында битумның дисперсиялық ортасы мен полимер компоненттерінің құрылымдық тұрақтылығына ерекше назар аударылды. Бұл факторлар битум-полимер жүйесінің біртектілігі мен ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Жалпы алғанда, зерттеу полимер-битум байланыстырғыштарын қолдану жол төсемдерінің қызмет ету мерзімін ұлғайтып, олардың сапасын арттыруға ықпал ететінін көрсетті. Сонымен қатар, полимер қалдықтарын кәдеге жарату арқылы экологиялық және экономикалық тиімділікке қол жеткізу мүмкіндіктері анықталды.

Қорытынды

ПББ физика-химиялық параметрлері зерттелді: иненің ену тереңдігі, сақина мен шардың жұмсарту температурасы, 25°C температурадағы ұзару, морт сынғыштық температурасы. Полимерлі композицияны қолдану жоғары температурада тұрақты жүктемелерге төзімділіктің артуына ықпал етеді. Бұл полимерлік желінің болуымен, температураның айтарлықтай төмендеуінде крекингке төзімділіктің артуымен, қартаюға төзімділіктің, температура тұрақтылығының, қаттылық пен серпімділіктің жақсаруымен түсіндіріледі. Пластификаторды қолдану жоғарыда аталған көрсеткіштерден бөлек, битумның пластикалық және беріктік қасиеттерін жақсартады. Жол битумы мен ПМБ қасиеттерін зерттеу нәтижелерін талдау полимерлі композицияны қолдану көптеген көрсеткіштердің айтарлықтай жақсаруына ықпал ететінін көрсетті. Атап айтқанда, 25°C температурада иненің ену тереңдігі 10 мм-ге төмендеді, ал 25°C-та ұзару 71 см-ден 19 см-ге

дейін азайды. К&І бойынша жұмсарту температурасы 49°C-тан 59°C-қа дейін өсті, бұл битумның деформацияға бейімділігін төмендетті.

Морт температурасы қалыпты шектерде қалды. Қаттылық бойынша 3% полимерлі битум байланыстырғыштары ең жақсы сипаттамаларға ие болды. Ену немесе иненің ену тереңдігі битумның қаттылық дәрежесін жанама түрде сипаттайды. Битум байланыстырғышының жұмсарту температурасы бойынша оңтайлы үлгілер құрамында 3%-ке дейін полимер бар үлгілер болып табылады, себебі одан әрі жоғарылау кезінде тек шамалы өсім байқалды. 25°C-та созылғыштық полимерлі қоспаларды 3%-ке дейін қосқанда төмендеді, бірақ одан әрі жоғарылауы байқалды.

Физика-химиялық және пайдалану сипаттамаларының жиынтығына сүйене отырып, полиэтиленнің 2,5–3% құрайтын битум байланыстырғыштары барлық көрсеткіштер бойынша оңтайлы нәтижелер береді деген қорытындыға келдік. Осылайша, алынған нәтижелерге сүйене отырып, битум өнімділік қасиеттері қайта өңделген полиэтиленнен 1% полимер модификаторын қосу арқылы жақсарады деп айтуға болады. Бірақ полимер-битум байланыстырғыштары үшін максималды нәтижеге 3% қайта өңделген полиэтилен және 3% пластификатор қосу арқылы қол жеткізіледі.

Мүдделер қақтығысы. Корреспондент автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Осы мақалаға сілтеме: Алмағамбетова Ш.Т., Алмағамбетова С.Т. Жол төсемінің өнімділік қасиеттерін жақсарту мақсатында мұнай битумын модификациялау // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 2(6):107-117. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-11>

Cite this article as: Almagambetova Sh.T., Almagambetova S.T. Zhol toseminin onimdilik kasiетterin zhaksartu maksatynda munaj bitumyn modifikaciyalau [Modification of oil bitumen in order to improve the performance properties of the road surface]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstitutu= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 2(6): 107-117. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-11>

Литература

- [1] Танжарықов П.А., Сарабекова Ұ.Ж., Әбілбек Ж.Ә., Төлеген А.Е. Өндірістік қалдықтарды тиімді пайдалану технологиялары: монография. Қарағанды: Medet Group. 2021, 348.
- [2] Азғалиева Г.С., Жанболатова А.Б., Киішева Д.Ж. Мұнай өндеудегі нанотехнология: оқу құралы. Алматы: Альманахъ. 2019, 113.
- [3] Бурашева Г.Ш., Есқалиева Б.Қ., Үмбетова А.К. Табиғи қосылыстар химиясының негіздері: оқу құралы. Алматы: Қазақ университеті. 2013, 303.
- [4] Жакипбаев Б.Е. Композиционные вяжущие материалы и изделия на их основе: учебник. Алматы: Эверо. 2020, 284.

References

- [1] Tanjaryqov P.A., Sarabekova U.Zh., Abilbek Zh.A., Tolegen A.E. Ondiristik qaldyqtardy tiimdi paidalanu tekhnologiyalary: monografiya [Efficient technologies for using industrial waste: monograph]. Karagandy: Medet Group. 2021, 348. (in Kaz.).
- [2] Azgalieva G.S., Janbolatova A.B., Kiisheva D.Zh. Munai ondeudegi nanotekhnologiya: oku qurali [Nanotechnology in oil refining: textbook]. Almaty: Almanakh. 2019, 113. (in Kaz.).
- [3] Burasheva G.Sh., Eskalieva B.Q., Umbetova A.K. Tabigi qosylystar khimiyasynyn negizderi: oku qurali [Fundamentals of natural compounds chemistry: textbook]. Almaty: Kazakh universiteti. 2013, 303. (in Kaz.).
- [4] Jakipbaev B.E. Kompozitsionnye vyazushchie materialy i izdeli ya na ikh osnove: uchebnik [Composite binders and products based on them: textbook]. Almaty: Evero. 2020, 284. (in Russ.).