

6D072100 - «Органикалық заттардың химиялық технологиясы»
мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін

Алипбекова Жамиля Кожгельдиевнаның

«Резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу технологиясын құрастыру» тақырыбындағы диссертациялық жұмысының

АҢДАТПАСЫ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Ұлттық экономика динамикасының ажырамас шартына экономикалық өзара әрекеттестіктің тұтастығы мен үздіксіздігін қолдайтын көлік инфрақұрылымының тиімді жұмыс істеуін дамыту және қолдау жатады. Алайда, көптеген битум материалдарының сапасы қазіргі заманғы талаптарға сәйкес келмейді. Мысалы, статистикалық талдау битум-минералды композициялардан жасалған жол жабындарының қызмет ету мерзімі нормативтердің тек 50-70% құрайтынын көрсетеді. Битум материалдарының температуралық тұрақтылығының көрсеткіштері де төмен, бұл олардан жасалған бұйымдарды ыстық жаз мезгілінде де, қыста да, әсіресе климаты континенталды күрт өзгертін аудандарда пайдалануды шектейді. Битумдардың ауыспалы деформация жағдайында төзімділігі төмен. Барлық осы кемшіліктер материалдардың беріктігінің төмендеуіне септігін тигізеді, онда олар байланыстырушы және сіңдіру компоненті ретінде әрекет етеді. Битум негізіндегі материалдардың сапасы мен пайдалану сипаттамаларына қойылатын талаптардың үздіксіз өсуі енді шикізатты таңдау және битум өндіру технологиясын жетілдіру арқылы ғана қанағаттандырыла алмайды. Осыған байланысты жол жабындарын пайдаланудың аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып, олардың сапасын жақсарту және одан әрі жетілдіру өзекті мәселе болып отыр.

Асфальтбетон жабындарының сапасы мен беріктігін арттырудың негізгі радикалды әдістерінің бірі битумдарды полимерлі материалдармен модификациялау болып саналады. Регенерациялау үшін пайдаланылатын ескі автомобиль шиналарының айтарлықтай мөлшері және резинаны майдалау қуатын дамыту перспективалары бойынша асфальтбетон жабындарының пайдалану қасиеттерін арттыру үшін вулкандалған майдаланған резинаны жол құрылысында кеңінен қолдануға алғышарттар жасайды. Мұның бәрі пайдалану қасиеттері жоғары битум материалдарын өндірумен қатар, Қазақстан Республикасында тозған резина шиналарын кәдеге жарату мәселелерін шешетін жаңа ірі тонналы битумдар өндірісін құру қажеттілігін көрсетеді.

Жұмыстың ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарымен және мемлекеттік бағдарламалармен байланысы. Жұмыс іргелі зерттеулер бағдарламасы аясында орындалды: Б-16-03-04 «Отандық минералды шикізаттарды және техногенді қалдықтарды қолдану арқылы эластомерлі композицияларды алудың технологиясын құрастыру» (2015-2020 жж.) және Б-21-03-03 «Композициялық материалдар алу үшін ауыр мұнай шикізатын өңдеудің жаңа технологиялары мен процестерін құрастыру» (2021-2025 жж.).

Зерттеу нысаны. Резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштар.

Зерттеу пәні. Резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу процесі, отандық битумдар БНД 70/100 және «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштардың физика-механикалық сипаттамаларын зерттеу және негіздеу.

Зерттеудің мақсаты. «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу технологиясын құрастыру, резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу, «ЭКО-Шина» ЖШС қалдықтарын қолданып полимерлі-битумды тұтастырғыштардың құрамын құрастыру, отандық битумдар мен жергілікті өндірістердің өнеркәсіптік қалдықтары негізінде полимерлі-битумды тұтастырғыштардың физика-механикалық сипаттамаларын зерттеу.

Зерттеу міндеттері:

- «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағының физика-химиялық қасиеттерінің полимерлі-битумды тұтастырғыштардың негізгі физика-механикалық кешенді көрсеткіштеріне әсерін анықтау;
- «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағын модифицирлеу және полимерлі-битумды тұтастырғыштарын қалыптастыру кезіндегі битумдардың құрылымдық қалыптасу процесінің заңдылықтарын зерттеу;
- асфальтбетондардың сапасын жоғарылату үшін қолданылатын полимерлі-битумды тұтастырғыштардың физика-механикалық және пайдалану қасиеттеріне әсер ететін факторларды талдау;
- «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу өндірісінің принципіалды технологиялық сызбасын әзірлеу және қорытынды жасау.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалықтары:

Төмендегі нәтижелерді көрсетті:

- отандық битум және «ЭКО-Шина» ЖШС модифицирленген резина ұнтағын пайдалана отырып, жақсартылған физика-химиялық және пайдалану сипаттамалары бар полимерлі-битумды тұтастырғыштың құрамы анықталды;
- асфальтбетондардың сапасын арттыру үшін қолданатын отандық битумдар негізінде пайдалану қасиеттері жақсартылған жаңа полимерлі-битумды тұтастырғыштар алынды;
- «ЭКО-Шина» ЖШС модифицирленген резина ұнтағы бар битумды тұтастырғыштарды алу процесінде болатын құрылымдық өзгерістердің заңдылықтары айқындалды;
- полимерлі-битумды тұтастырғыштардың пайдалану қасиеттеріне негізгі физика-механикалық көрсеткіштерінің кешеніне әсер ететін факторлар талданды;

- «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағын ісінген вермикулитпен модифицирлеу ерекшеліктері зерттелді және полимерлі-битумды тұтастырғыштардың құрылымын қалыптастыру ерекшеліктері анықталды;
- параметрлерді таңдау негізделді және «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу өндірісінің принципіалды технологиялық сызбасы құрастырылды.

Диссертациялық жұмыстың практикалық мәні. Диссертацияда асфальтбетондардың сапасын жоғарылату үшін қолданылатын пайдалану қасиеттері жақсартылған полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу технологиясы құрастырылды және технологиялық сызбасы жасалды. «ЭКО-Шина» ЖШС және "Нефтехимстрой-Юг" ЖШС-де жартылай өнеркәсіптік сынақтар өткізілді. Резина өнеркәсібінің өнеркәсіптік қалдығы резина ұнтағы мен Құлантау вермикулиті негізінде пайдалану қасиеттері жақсартылған ПБТ құрамы әзірленіп, жол асфальтбетон жабындарына пайдалану ұсынылды.

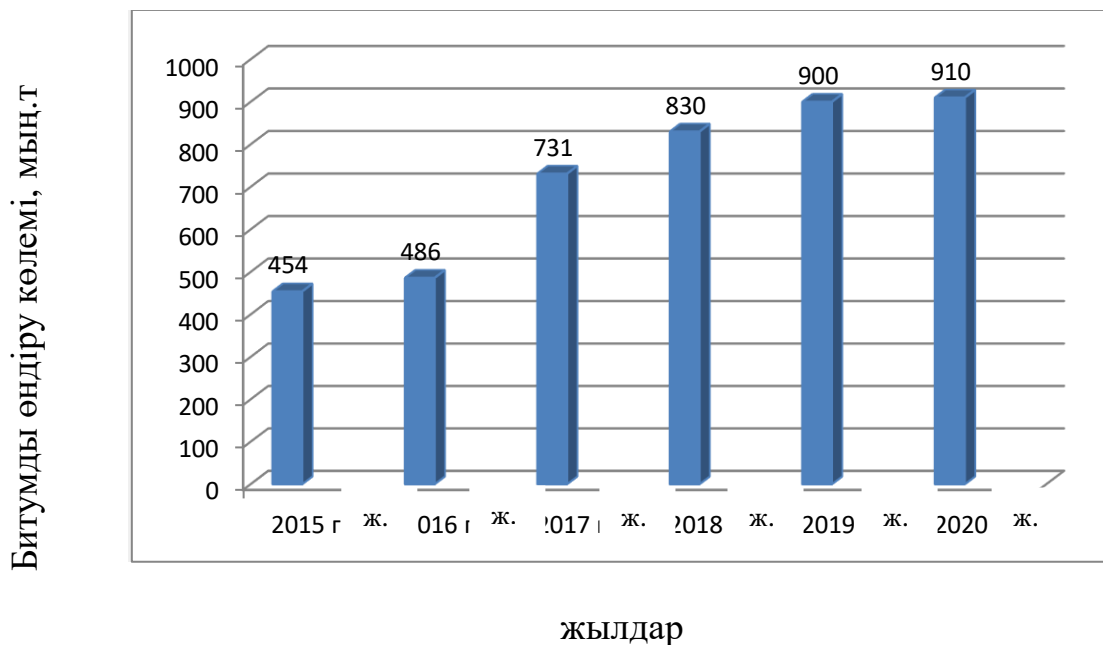
- зерттеу нәтижелерінде полимерлі-битумды тұтастырғыштың құрамында «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағын модифицирлеу үшін Құлантау ісінген вермикулитін пайдалану адгезиялық қасиеттерді арттыруды, иілімділік аралығын кеңейтуді және ұзақ уақыт пайдаланған кезде ПБТ қасиеттерінің тұрақтылығын арттыруды қамтамасыз ету жолдары қарастырылды;
- зерттеу материалдары өнеркәсіптік сынақтар жүргізу актісіне тіркелді.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми-зерттеу нәтижелері:

- битумдар мен асфальтбетондардың сапасын арттыру үшін қолданылатын «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағының физика-химиялық қасиеттері зерттелді және талданды;
- модифицирленген резина ұнтағы бар битумды тұтастырғыштарды алу процесінде жүретін құрылымдық өзгерістері анықталды;
- полимерлі-битумды тұтастырғыштың пайдалану қасиеттеріне әсер ететін факторлары талданды;
- отандық битум және «ЭКО-Шина» ЖШС модифицирленген резина ұнтағы негізінде ПБТ физика-механикалық және пайдалану сипаттамалары анықталды;
- «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу өндірісінің параметрлері таңдалды және принципіалды технологиялық сызбасы әзірленді;
- БНД 70/100 битумы және «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағы негізінде ПБТ алудың экономикалық тиімділігі есептелді;
- «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштардың өндірістік сынақ нәтижелері алынды.

Аналитикалық шолуда мұнай битумдары мен резина ұнтағы қолданылған полимерлі-битумды тұтастырғыштардың құрылымы туралы заманауи көзқарастар қарастырылған. Нақты деректер бойынша, жол жабындарын орнықтыруда төмен температураның әсеріне, температураның өзгеруіне, түрлі деформациялық жүктемелерге төтеп беру қабілеті бар тұтастырғыш ретінде мұнай битумы кең түрде қолданылатын материал болып табылады. Қазіргі уақытта Қазақстанда жол битумын өндіретін 4 зауыт жұмыс істейді, олардың

жалпы қуаттылығы жылына 1,2 млн тонна құрайды. Отандық өндіріс жол саласының қажеттілігін толық қамтамасыз етеді. 2016 жылы Каспийбитум кәсіпорнында битумның негізгі өндірісі іске қосылды. ҚР Энергетика министрлігінің 2015-2020 жылдардағы негізгі көрсеткіштерін талдау кезінде битум өндірісінің көлемі 2015 жылдан бастап 2 есе өскенін көрсетті.



Сурет 1 - Қазақстан Республикасында битум саласының 2015-2020ж. дамуы.

Кәдімгі модифицирленбеген битумның қасиеттері жол жабындарын жоғары және төмендетілген температураларда қатты байқалатын қажетті кешенді қасиеттерін алуға мүмкіндік бермейтіні белгілі. Жолдың тұтқыр БНД маркалы битумдарын жол жабындарына пайдалану практикасы, битум тұтастырғышының созылғыштық қасиетінің қабілеті жеткіліксіз болғандықтан пайдаланудың бірінші жылы жабындардың бұзылуы басталатынын көрсетеді. Жол жабындарында асфальтбетондардың бұзылуының негізгі себептері климаттық жағдайлар, көлік ағындарының жүктемелері болып табылады, нәтижесінде битумның ескіруіне әкеліп соғады, яғни ол сынғыш болады, қабыршықтанады және жарыла бастайды. Жаңа материалдарды жасаудың ең тиімді әдістері оның құрамына пайдалану қасиеттерін жақсартатын қосымшаларды (модификаторларды) енгізу арқылы тұтастырғышты (битумды) модификациялауға негізделген. Экономикалық тиімді модификаторлар қол жетімді және арзан болып табылатыны анықталды. Битум негізінде нақты қасиеттер жиынтығы бар композициялық материалдарды әзірлеу үшін техникалық тұрғыдан келесі қасиеттерге ие модификаторлар қолданылады: асфальтбетонды қоспаны дайындау температурасында үгітілмейді; асфальтбетонды қоспаны дайындау үшін кәдімгі жабдықта араластыру процесін жүргізу кезінде битуммен үйлесімді; жабындағы температура төмен болған кезде битум қаттылық немесе сынғыштық қасиетке ие болмайды, ал

жазда жол жабынының құрамындағы битумдардың ығысу кернеулерінің әсерінен кедергісін жоғарылатады және бұл ретте араластыру мен оны орнықтыру температурасында тұтқырлықты жоғарылатпайды; химиялық және физикалық тұрғыдан тұрақты, сақтау, қайта өңдеу және жол жабынының құрамында өздерінің қасиеттерін сақтайды. Қазіргі уақытта отандық тәжірибеде полимерлі-битумды тұтастырғыштарды (ПБТ) полимерді битумда еріту арқылы алады немесе полимерді арнайы еріткіште (өнеркәсіптік, сланцевті майы, дизель отыны және т.б.) алдын-ала ерітеді, одан кейін полимер ерітіндісін битуммен араластырады.

Битумдарды модификациялаудың әр түрлі тәсілдерін салыстырған кезде, битумды модификациялаудың ең тиімді бағыты резина ұнтақтары қосымшаларын қолдану болып саналады. Резина ұнтағы жол құрылысы үшін жарықшақтың үстіне құятын қоспаның құрамдас бөлігі ретінде, құрылыс шатырлары және түрлі коррозияға қарсы мастикалар үшін кеңінен қолданылады. Полимерлі-битумды композицияларының (ПБК) қасиеттері битум матрицасындағы дисперсті фаза – полимер бөлшектерінің көлемдік құрамымен және мөлшерімен анықталады. Бөлшектердің мөлшері аз болған жағдайда дисперсті фаза материалындағы қайтымсыз деформациялардың дамуына әлсіз әсер етеді, ал дисперсті фазаның бөлшектері шекті деңгейден асып кетсе, композиция қабыршақтануға бейім. Оның әлсіз ерігіштігіне байланысты резинаны ұсақ дисперсті түрде енгізеді, бұл оны ұнтақтау үшін қосымша энергия шығындарын талап етеді. РБК дайындау араластырғыштарда, сондай-ақ су буымен немесе сораппен қоспаны айналдыратын ауамен жүзеге асырылады. РБК дайындау әдісі композицияның реологиялық қасиеттеріне әсер ететіні атап өтілді. Резина ұнтағы бұл әр түрлі пішінді бөлшектердің және ұсақталған резинаның дисперсия жиынтығы. Материал негізінде бастапқы резинаның молекулалық құрылымы мен қасиеттерін сақтайтындығымен сипатталады. Бұл жағдайда бөлшектердің бетін резина ұнтағына арнайы, алдын-ала анықталған қасиеттер беру үшін өзгертуге болады. Бұл өзгерістерді бөлшектердің үстіңгі қабатын ішінара девулканизациялау немесе химиялық, физикалық немесе физика-химиялық өңдеу арқылы алуға болады. Әр түрлі дисперсті резина ұнтақтарының жалпы көрінісі 2-4- суреттерде келтірілген.



Сурет 2 - «Эко-Шина» ЖШС өлшемі 2-4 мм резина ұнтағының жалпы түрі



Сурет 3 - «Эко-Шина» ЖШС өндірілетін өлшемі 1-2 мм резина ұнтағының жалпы түрі



Сурет 4 - «Эко-Шина» ЖШС дисперстілігі 0-1 мм резина ұнтағының жалпы түрі

Резина ұнтағы тозған автомобиль шиналарын және резина-техникалық бұйымдарының (РТБ) басқа да қалдықтарын өңдеу арқылы алынады. Тозған резинаның ең көп тонналы ресурсы ол – автомобиль шиналары. Оларды қайта өңдеу көптеген елдерде маңызды экологиялық мәселе болып табылады. Көптеген отандық және шетелдік зерттеулер мен резина ұнтағын қолдану тәжірибесі модифицирленген тұтастырғыштардың кәдімгі битумдарға карағанда пайдалану қасиеттері жоғары екенін көрсетеді. Модифицирленген резина ұнтағы бар битум тұтастырғыштарындағы асфальтбетондар тозуға және ыстыққа төзімділігінің жоғарылауымен, ескіруге төзімділігімен, қаттылығының төмендігімен, дыбысты жақсы сіңірумен және үйкеліс қабілетімен сипатталады, суға, мұздалуға-ерігу төзімді.

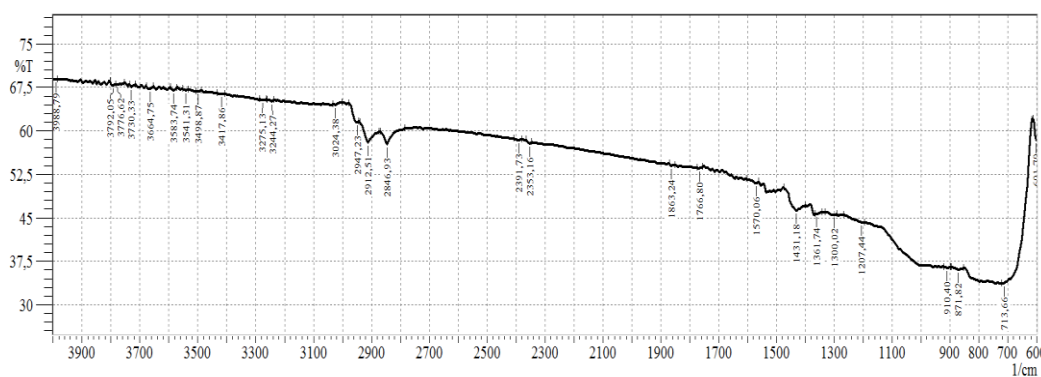
Резина-битумды тұтастырғыштарды алу мәселелерінің бірі резина ұнтағының мөлшерін таңдау болды. "ЭКО-Шина" ЖШС өндірілетін резина ұнтағы өлшемдерінің номенклатурасын талдау кезінде өлшемі 1 мм, 1-2 мм және 2-4 мм дейін резина ұнтағын өндірушілердің сатылымға шығаратынын көрсетті. Бұл кезде, резина ұнтағын 0,1 мм-ден аспайтын біртекті емес мөлшерге дейін еріту үшін қажетті температура мен дайындау уақыты сияқты технологиялық параметрлер, сондай-ақ резина-битум тұтастырғышының физика-химиялық көрсеткіштері, сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы бағаланды. Резина ұнтағының дисперстілігіне байланысты резина-битумды тұтастырғыштың физика-химиялық көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Резина ұнтағының дисперсиясына байланысты резина-битумды тұтастырғыштың физика-химиялық көрсеткіштері

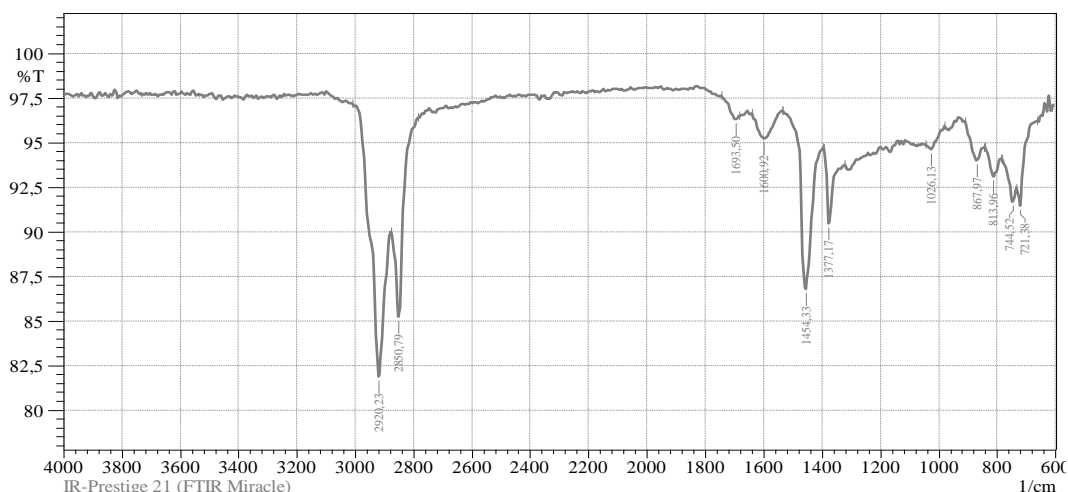
№	Резина ұнтағының дисперстілігі, мм	Температурасы, 0°С	Уақыты, сағ	Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, 0°С
1	0,1 аз	185-195	1-1,5	50
2	0,1-1	185-195	1-2,0	50
3	1-2	185-195 200-210	3-3,5	44\17
4	2-4	210-220 235-245	3-3,5	45\25

Тәжірибе көрсеткендей, резина ұнтағының максималды мөлшерінің минимумға қатынасы мүмкіндігінше аз болуы керек, өйткені бұл жағдайда резина құрылымының өзгеруі біркелкі жүреді, JSM-6490LV электронды микроскопында алынған резина ұнтақтары микроқұрылымдарының

спектрлерімен расталады, яғни резина-битумды тұтастырғышының физика-химиялық қасиеттерін жақсартады. Сонымен, "ЭКО-Шина" ЖШС резина-битумды тұтастырғыштарда резина ұнтағын қолдану бойынша одан әрі зерттеулер жүргізу үшін 0,5-1 мм фракциялы резина ұнтағы қолданылды.



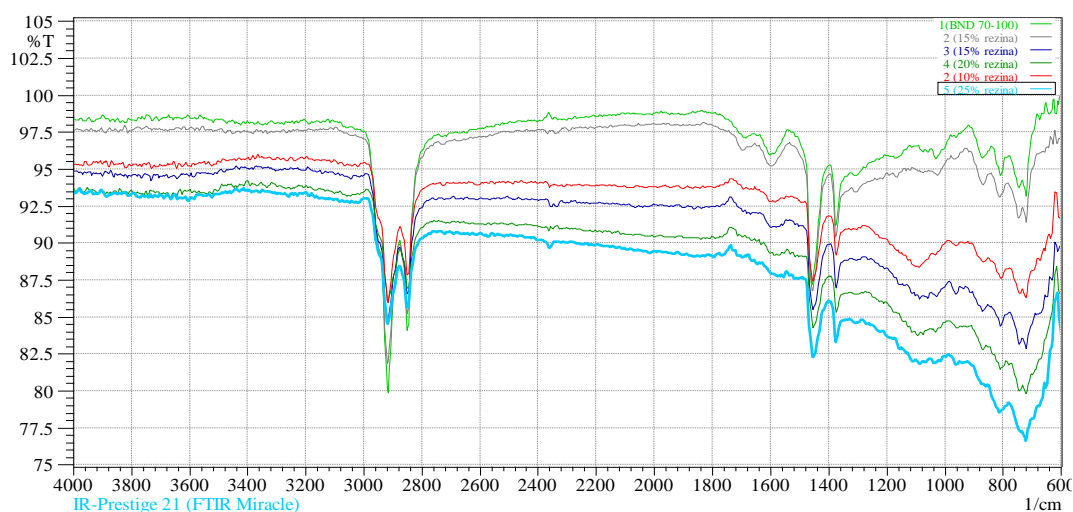
Сурет 5 - «ЭКО Шина» ЖШС дисперстілігі 0,5-1 мм резина ұнтағы үлгілерінің спектрі



Сурет 6 - 5% резина ұнтағы қосылған БНД битумының спектрі

Зерттелетін материалдардың құрылымын зерттеу үшін ИҚ-Фурье аппараты Pike Technologies фирмасының Miracle толық ішкі шағылысуының (НПВО) қосымшасы бар Shimadzu ir Prestige-21 спектрометрі қолданылды. БНД 70/100, дисперсиясы 0,5-1 мм резина ұнтағы үлгілері іріктеліп алынды. 5-7-суреттерде резина ұнтағы құрылымдарының ИҚ-спектрлері, резина ұнтағын қоспай бастапқы БНД 70/100 битумы әртүрлі мөлшерде (5%, 10%) резина ұнтағын қосып және әртүрлі мөлшердегі резина ұнтағы (5% - дан 25% - ға дейін) бар битум композицияларының біріктірілген ИҚ спектрлері келтірілген. БНД 70/100 маркалы битумдарды зерттеуден алынған нәтижелерін талдау битумдарға $3000-2800 \text{ см}^{-1}$ Н(СН) және СН_2 топтардың валенттік тербелістері, 1460 см^{-1} (деформациялық тербелістер $5(\text{СН}_2)$) және 1377 см^{-1} (деформациялық тербелістер $5(\text{СН}_3)$) аумағындағы қарқынды жолақтардың болуын көрсетті. Бұл жолақтар қаныққан көмірсутектер, парафиндер, майлар спектрінде үнемі

болады. Компоненттер спектрінде бос парафин тізбектеріндегі $5(\text{CH}_2)$ топтардың деформациялық тербелістеріне сәйкес келетін 720 см^{-1} кезінде өткізу жолағы айқын көрінеді. $747, 812$ және 870 см^{-1} тән триплет нақты көрінеді - ароматикалық құрылымдардың болуының белгісі.



Сурет 7 - Өртүрлі мөлшерде (2% - дан 25% - ға дейін) резина ұнтағы бар битум композицияларының біріктірілген ИҚ спектрлері

Өнертапқыштың техникалық нәтижесі жақсартылған реологиялық сипаттамалары бар резина-битумды тұтастырғышының беріктігін арттыру, жол асфальт жабынының пайдалану мерзімін ұлғайту есебінен өзіндік құнын едәуір төмендету болды. Модифицирленген ұнтағы бар битумды тұтастырғыштардың физика-механикалық сипаттамалары 2 кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Құрамында модифицирленген ұнтақтары бар битум тұтастырғыштарының салыстырмалы физика-механикалық сипаттамалары.

№	Көрсеткіштері	Ұсынылатын құрамы							ПБТ 40 ГОСТ Р 52056- 2003 бойынша
		1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	
1	Иненің ену тереңдігі, 0,1 мм: 25°C-та 0°C-танкем емес	75	54	52	53	50	52	54	40
		22	18	16	14	19	15	16	32
2	Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, °C	48	50	54	55	56	54	55	54
3	Сыну температурасы, °C	-20	-13	-9	-12	-10	-13	-11	-20
4	Созылғыштық, см: 25°C-та 0°C-та	65	65	70	80	78	58	60	25
		32	35	28	44	48	56	54	11
5	Созылмалдылық	55	59	63	67	66	63	64	70

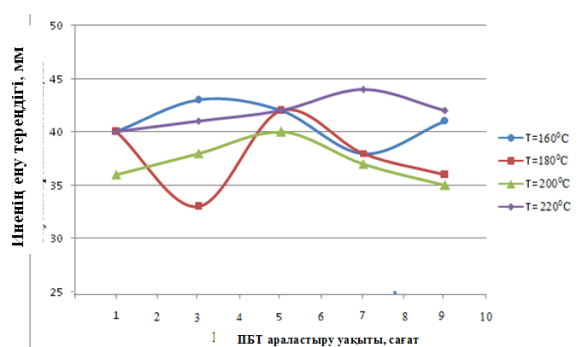
*Резина ұнтағы мен вермикулиттің әр түрлі қатынастарында

Полимерлі-битумды тұтастырғышты (ПБТ) дайындау битумды резина ұнтағымен механикалық араластыру арқылы жүзеге асырылды, РБТ концентрациясы мен температурасы, асфальтбетон зауыттарында асфальтбетон қоспасын дайындау температурасына сәйкес келеді

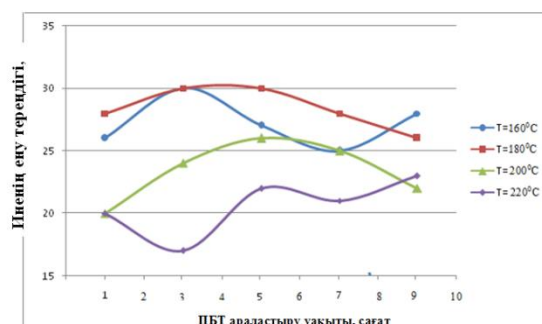
ПБТ физика-механикалық қасиеттері стандартты әдістемелер бойынша анықталды.

М.Әуезов атындағы ОҚУ "Мұнай өңдеу және мұнайхимиясы" кафедрасында 2018-2021 жылдар аралығындағы кезеңде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде отандық БНД 70/100 мұнай битумдарын майда дисперсті резина ұнтағымен химиялық біріктірудің жаңа технологиясы әзірленді, ол негізінен қасиеттері қазіргі заманғы пайдалану талаптарына сай келмейтін отандық битумдардың сапасын жақсартуға бағытталған. Технологияны құрастыру кезінде бастапқы битумдарда және олардың резинамен қоспаларында, сондай-ақ соңғы өнімдерде - асфальтбетондар мен жол жабындарында болатын физика-механикалық және химиялық процестерді ескеретін кешенді тәсіл қолданылды.

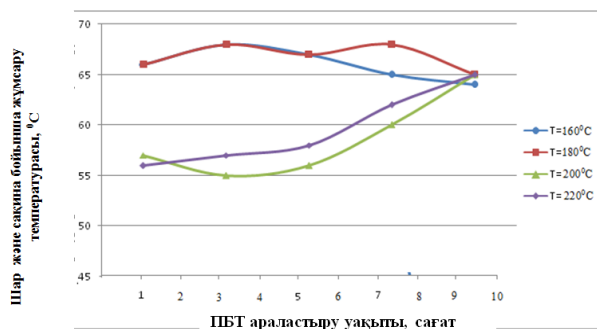
Технология резинаның каучукты тізбектері мен битумның жоғары молекулалық компоненттерінің деструкциясы құрылымын өзгертуі және тігілуін белгілі бір жолмен реттейтін резина ұнтағы бар битум қоспасына Құлантау ісінген вермикулитін қосумен негізделген. Процесс нәтижесінде резина бөлшектері химиялық байланыстардың көмегімен өзара, сонымен қатар гетерогенді, армирлеуші, полимерлі кеңістіктік құрылымға битумның жоғары молекулалы компоненттерімен де біріктіріледі. Бүкіл дисперсті гетерогенді жүйенің тұрақтылығын, тұтастырғыштың жоғары және ұзақ мерзімді адгезиясын вермикулиттің полярлы молекулалық топтары қамтамасыз етеді. Осы құрылымның есебінен тұтастырғышта операциялық мақсаттар үшін жеткілікті созылмалдылық пайда болады. Тұтастырғыш резина ұнтағын бөлуге және жоғары (қысқа мерзімді 250°C дейін) технологиялық температураға төзімді болады.



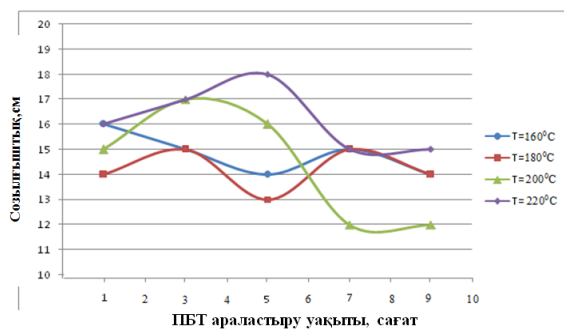
Сурет 8 -Иненің ену тереңдігінің 250°C-та ПБТ араластыру уақытына тәуелділігі



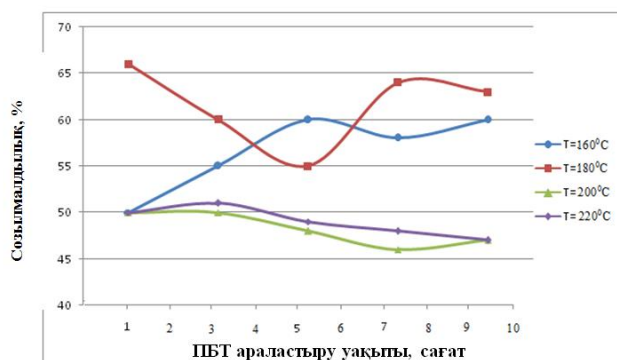
Сурет 9 - Иненің ену тереңдігінің 0°C-та ПБТ араластыру уақытына тәуелділігі



Сурет 10 - Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасының ПБТ араластыру уақытына тәуелділігі.



Сурет 11 - Полимерлі -битумды тұтастырғыш созылғыштығының 25°C-та араластыру уақытына тәуелділігі.



Сурет 12 –Полимерлі- битумды тұтастырғыш созылмалдылығының араластыру уақытына тәуелділігі.

Жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде 140°C-тан төмен температурада резина ұнтағының дисперсиялану уақыты 4 сағаттан асады. Бұл мән максималды зерттеулер аясында ұсынылған, өйткені резина ұнтағының таралу сатысының уақыты ұзақ болған кезде РБТ дайындаудың бүкіл процесінің өнімділігі тиімді болып саналмайды. 5-7 сағат араластыру оңтайлы болып табылады. Тәжірибе температурасының жоғарғы мәні 220°C, бұл кезде резина ұнтақтары құрылымының өзгеруі белсенді термиялық түрде басталады.

Сурет 8-12 араластырғыштағы 150-220°C температуралық диапазонда араластыру уақытына байланысты дайындалған РБТ негізгі пайдалану сипатындағы өзгерістер (0°C және 25°C иненің ену тереңдігі, сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, созылғыштығы мен созылмалдылығы) көрсетілген.

Бұл өзгерістердің негізгі себептеріне битумның тотығуы және жоғары температураның резина ұнтағына әсері жатады. Шайырлар мен майлар сияқты битумның жеңіл компоненттерінің тотығуы үлгілердің жұмсару температурасының жоғарылауына және пенетрацияның төмендеуіне әкеп

соғады, модифицирленген резина ұнтақтарының бастапқы құрылымы өзгереді, сонымен қатар оның тізбектері бірнеше байланыстар арқылы тігіледі. Бұл алынған өнімнің иілімділігіне теріс әсер етеді.

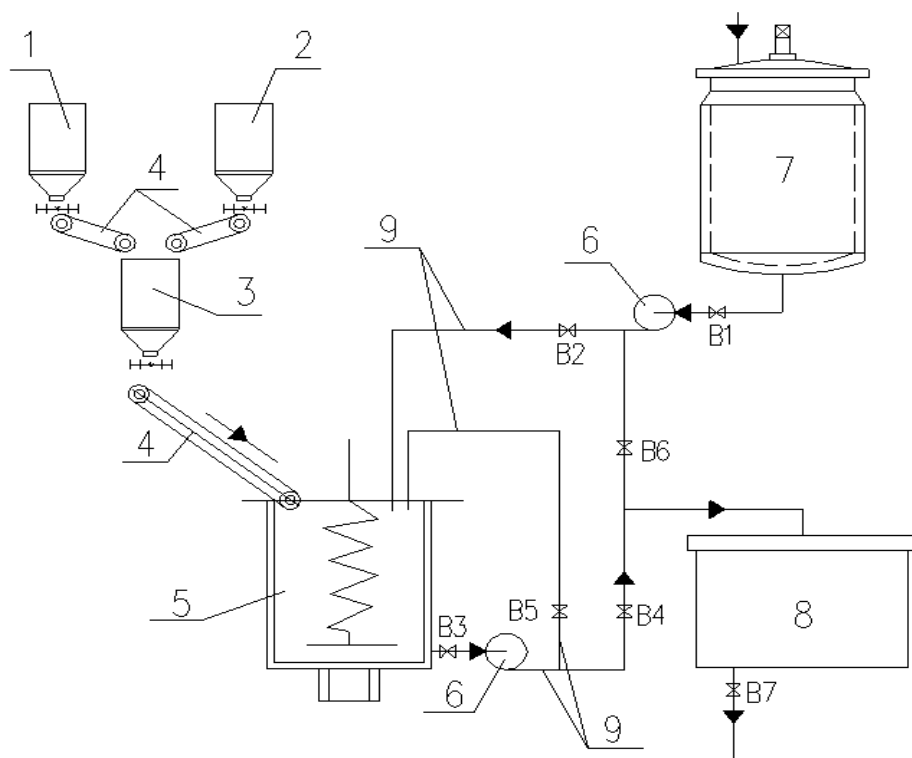
Сонымен, ПБТ дайындаудың оңтайлы температурасы 150-170°C аралықтағы температура болып табылады. Бұл кезде, полимерлі-битумды тұтастырғышта компоненттерді араластыру ұзақтығын қысқартып, процесс температурасын бір уақытта жоғарылатқанда тұтастырғыштың пайдалану көрсеткіштері өзгертін қарқынды процестер жүретінін атап өткен жөн. Температуралық тәртіпті дұрыс анықтау жұмыс уақыты мен энергия ресурстарын үнемдеуге, қондырғының өнімділігін арттыруға және битумның тиімділігі жоғары модификаторы ретінде резина ұнтағының потенциалын толық іске асыруға мүмкіндік беретінін атап өтуге болады.

Технология Құлантау ісінген вермикулитін резина ұнтағы бар битум қоспасына енгізумен негізделген. Нәтижесінде резина бөлшектері өзара, сонымен қатар химиялық байланыстардың көмегімен гетерогенді, армилейтін полимерлі кеңістіктік құрылымға битумның жоғары молекулалық компоненттерімен де біріктіріледі. Бүкіл дисперсті гетерогенді жүйенің тұрақтылығы, тұтастырғыштың жоғары және ұзақ мерзімді адгезиясы оны дайындау кезінде материалдың құрылымына көп мөлшерде енгізілген полярлы молекулалық топтармен қамтамасыз етіледі. Осы құрылымның есебінен тұтастырғышта пайдалану мақсаттары үшін жеткілікті созылмалдылық пайда болады. Тұтастырғыш резина ұнтағын сегрегациялауға және жоғары (қысқа мерзімде 250°C дейін) технологиялық температураға төзімді болады.

Қайта өңдеу технологиясының негізіне шиналарды ұсақ кесектерге дейін механикалық ұсақтау, кейіннен металл және тоқыма сымдарын механикалық бөлу, соққылау жылдамдығы жоғары болғанда резинаның "сынғыштығын арттыру" қағидатына негізделген және алынған резина ұнтағын экструзиялық ұсақтау арқылы өлшемі 0,5-1 мм дейін жұқа дисперсті резина ұнтақтарын алу жатады.

«ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғышын дайындаудың технологиялық сызбасы 13- суретте көрсетілген.

Битум қазандығында 7 жұмыс температурасына дейін қыздырылған битум (70-76%) 6 сорғымен 5 бұрандалы араластырғышқа беріледі. "ЭКО-Шина" ЖШС резина ұнтағы (18-22 масс.%) 1 бункер-мөлшерлегіштен 3 бункерге түседі. Сондай-ақ, 6-8 масс% көлемінде Құлантау ісінген вермикулиті 2 диспенсер-бункерден беріледі. Ісінген вермикулитпен модифицирленген резина ұнтағы 3 бункерден таспалы конвейер арқылы 4 бункер-мөлшерлегішке 5 түседі. Араластырудың температурасы мен ұзақтығы резина ұнтағы және битумның түрі мен қасиеттеріне байланысты. "ЭКО Шина" ЖШС модифицирленген резина ұнтағы БНД 70/100 битумымен 150-170°C температурада 5-7 сағат бойы араластырылады. Содан кейін полимерлі-битумды тұтастырғыш 9 құбырөткізгіш арқылы 8 жинақтаушы блокқа түседі.



Сурет 13 - «ЭКО Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғышын дайындаудың технологиялық сызбасы.

1-резина ұнтағының бункер-мөлшерлегіші, 2-вермикулитің бункер-мөлшерлегіші, 3- модифицирленген резина ұнтағының бункер-мөлшерлегіші, 4- таспалы конвейер, 5- бункер-мөлшерлегіш, 6- битумды сораптар, 7- битум қазандығы, 8- жинақтаушы блок , 9- құбырөткізгіш, В1,В2,В3,В4,В5,В6,В7- битум немесе қоспаның ағу бағытын өзгертуге арналған құбыршаларды бұрайтын вентильдер.

Сонымен, отандық битум негізінде модифицирленген резина ұнтағы бар пайдалану қасиеттері жоғары автомобиль жолдарын орнықтыру және жөндеу кезінде қолдануға болатын полимерлі-битумды тұтастырғышын алу технологиясы құрастырылды. Тәжірибелік-өндірістік жұмыстар «ЭКО-Шина» ЖШС және "Нефтехимстрой-Юг" ЖШС аумағында жүргізілді. Өнімділігі сағатына 2 тоннаға дейінгі УИС-2У соққылы әсер ететін ұсақтау қондырғысында 1000 кг мөлшерінде модифицирленген ұнтақтар мен құм қоспасының тәжірибелік партиясын (салмағы бойынша 1:2 қатынасында) шығару жүргізілді. Содан кейін алынған қоспа минералды бөлік массасының 3% мөлшерінде асфальтбетон қоспасына енгізілді. 2021 жылдың наурыз айында асфальтбетон жабынының кесілген сынамаларына сынақтары жүргізілді. Тәжірибелік-өндірістік зерттеулердің нәтижелері кесте 4 келтірілген.

Кесте 4 - «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштардың тәжірибелік-өндірістік сынақтарының нәтижелері.

Көрсеткіштер тізімі	Сынақ нәтижелері		Асфальтбетон жабындары үшін МЕСТ 9128-97 бойынша мәндері
	асфальтбетон жабынынан кесілген кескіндер (қолданатын)	асфальтбетон жабынынан кесілген кескіндер (ұсынылатын)	
Сығылған кездегі беріктік шегі, МПа келесі температураларда, °С: 20 50 0	4,4 1,41 10,8	10,6 1,95 11,7	2,2 кем емес 1 кем емес 12 кем емес
Сумен сіңірілуі, % көлем бойынша	1,29	1,27	1,5-4,0
Ұзақ уақыт бойы сумен сіңірілген кездегі суға төзімділік коэффициенті	0,92	0,98	0,75

Жүргізілген сынақтар осы тұтастырғыш материалдар өздерінің санитарлы-гигиеналық қасиеттері бойынша битумға қарағанда таза және ең қатаң экологиялық талаптарға сай келеді. «ЭКО-Шина» ЖШС және "Нефтехимстрой-Юг" ЖШС жүргізілген тәжірибелік-өндірістік жұмыстар кәдімгі ыстық асфальтбетон қоспаларымен салыстырғанда жабындардың жоғарғы қабаттарын төсеу кезінде резина ұнтағымен модифицирленген отандық өндірістік резина-битумды тұтастырғышта асфальтбетондардың айтарлықтай артықшылығын көрсетті. Асфальтбетон жабындарының күйі жақсы, жабынның зақымдануы, жарықшақтар, тұтастырғыштың ісінуі анықталған жоқ. Қатар орналасқан бақылау текшелерінде ұсақ жарықшақтар, бетінің қабыршықтануы, дақтар, тор түріндегі зақымданулар жабынның жалпы ауданынан 10% - дан аса көлемін құрайды. Тұтастырғыштың сипаттамаларын жақсартудың нәтижесінде резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғышты қолдана отырып "Нефтехимстрой-Юг" ЖШС дайындалған асфальтбетон жабындарының қызмет ету мерзімі, асфальтбетонның жарылуға, суға төзімділігі және беріктігі арқасында жол битумдарын қолданумен дайындалған жабындардың қызмет ету мерзімінен 2-3 есе жоғары болды. Тұтастырғыштың қасиеттері ұзақ мерзімді жұқа қабатты тозуға төзімді жабындарды және бетін өңдеудің кейбір түрлерін сәтті ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Осылайша, әзірленген технология автомобиль жолдарын салу және жөндеу кезінде пайдалануға болатын қасиеттердің кең ауқымы бар полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алуға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Қазақстандағы жол жабындары сапасының мәселелерін шешу үшін мұнай битумдарының іргелі мүмкіндіктерімен салыстырғанда жол жабындарының беріктігін жоғарылататын, төзімділігін қамтамасыз етуге қабілетті битум негізінде жаңа материалдарды құрастыру қажет. Мұнай битумдары мен полимерлі-битумды тұтастырғыштарының құрылымы туралы заманауи көзқарастарды талдау битумдарды модифицирлеудің перспективті бағыты резина ұнтағы қосымшаларын қолдану екенін көрсетті. Сондықтан пайдаланылған шиналардың жергілікті материалдары мен техногенді қалдықтары негізінде полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алу үшін тиімді технологиясы құрастырылды.

2. Мұнай дисперсті жүйелер теориясының негізгі ережелеріне сүйене отырып, резина ұнтағын қолданумен полимерлі-битумды тұтастырғыштарды тиімді модифицирлеу принциптері тұжырымдалды. Битумдар мен асфальтбетондардың сапасын арттыру үшін пайдаланылатын «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағының физика-химиялық қасиеттері алғаш рет зерттелді, резина ұнтағының оңтайлы дисперсиялығы зерттелді және композициядағы мөлшері анықталды. Алынған нәтижелердің негізділігі мен нақтылығы зерттеудің заманауи әдістерін қолданумен расталады- энергиядисперсиялық микроанализ және құрылымдық талдау жүйелерімен JSM-6490LV растрлы электронды микроскопы және полимерлі-битумды тұтастырғыштардың құрылымдарын зерттеу үшін Shimadzu IR Prestige-21 ИҚ-Фурье спектрометрі қолданылды.

3. Резина ұнтағының технологиялық қасиеттерін жақсарту үшін (сақтау кезінде нығыздалу) алғаш рет Құлантау ісінген вермикулитінің жол мақсатындағы полимерлі-битумды композицияларының қасиеттеріне әсері зерттелді. Меншікті жазықтығы жоғары және жұқа кеуекті құрылымы бар материалмен битумның өзара әрекеттесуі нәтижесінде майлар мен шайырлардың материал ішіндегі селективті диффузиясына байланысты битумның топтық құрамы өзгереді, бұл бөлшектердің жазықтығындағы битум қабаттарының қасиеттерінің өзгеруіне және түйіршіктер бетінде берік битум қабыршақтарының пайда болуына септігін тигізеді. Полимерлі-битумды тұтастырғышының құрамында Құлантау вермикулитін пайдалану температураның кең диапазонында тұрақты адгезияны, қосымша энергетикалық сыйымдылыққа ие болатын меншікті жазықтығының ұлғаюын қамтамасыз етеді, бұл битуммен ілінісу дәрежесінің жоғарылауына септігін тигізеді. ПБТ тән ерекшелігі - зерттелетін температураның барлық интервалында ісінген вермикулитті енгізген кезде оның беріктігі жоғары болады. Құлантау ісінген вермикулитін таңдау қолжетімділігі мен салыстырмалы түрде арзандығымен анықталады. Сапалы полимерлі-битумды тұтастырғыштар алуға мүмкіндік беретін пайдалы модельге құрамы «Өзгертілген резеңке үгіндісі» патенті дайындалды және ол қорғалды.

4. Модифицирленген резина ұнтағы бар битумды тұтастырғыштарды алу процесінде болатын құрылымдық өзгерістер зерттелді. Битумды резина ұнтағымен модифицирлеу жоғары жиілікті бөліктегі валенттік Н(ОН) жиілігінің өзгеруіне алып келеді: қарқындылығы артады, максимум 3344 см^{-1} -ден (битум спектрі) 3440 см^{-1} -ге (модифицирленген битум) дейін ығысады. Бұл өзгеріс битумның сутегі байланысының құрылымына резина ұнтағы енгізілген кезде болатын кейбір қайта құрылымдарға байланысты. Модифицирленген битум спектрінде бос радикалдардың шоғырлануын көрсететін карбонил тобына тән сіңіру жолағы, бұл молекулаішілік топтасулардың пайда болуына ықпал ететін молекулааралық өзара әрекеттесуге асфальтендердің бейімділігін анықтайтын факторлардың бірі болып табылады.

5. Полимерлі-битумды тұтастырғышының пайдалану қасиеттеріне әсер ететін факторларды талдау көрсеткендей, жоғары температурада резина ұнтағында құрылымын өзгертетін процестер басым болады, олар битуммен араластыру температурасы мен ұзақтығына байланысты резинаның толықтай құрылымының өзгеруіне алып келуі мүмкін. Одан басқа, бөлшектердің ірі дисперстілігіне және резина ұнтақтарының бетінде күйе пайда болуына байланысты резинаның белсенді толықтырғышының пиролиз процесі жүруі мүмкін, бұл тұтастырғыштың адгезиялық және когезиялық қасиеттерінің айтарлықтай нашарлауына себептігі тигізеді. Битумды құрылымдау қоспаның тығыздығының жоғарылауын, ішкі үйкеліс коэффициентінің көбеюін, ығысу, соққыларға төзімділігін арттыруға, сығылу беріктігінің жоғарылауын және сынғыштықтың төмендеуін қамтамасыз етеді.

6. «ЭКО-Шина» ЖШС және «Нефтехимстрой-ЮГ» ЖШС жүргізілген тәжірибелік-өндірістік жұмыстар кәдімгі ыстық асфальтбетон қоспаларымен салыстырғанда жабындардың беткі қабаттарын орнықтыру кезінде отандық өндірістің модифицирленген резина ұнтағы бар жаңа полимерлі- битумды тұтастырғышпен асфальтбетондардың айтарлықтай артықшылығын көрсетті. Тұтастырғыштың сипаттамаларын жақсарту арқылы «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғышты қолдана отырып дайындалған асфальтбетон жабындарының қызмет ету мерзімі асфальтбетонның жарылуға, суға төзімділігі және беріктігі есебінен бірдей пайдалану жағдайларында жол битумдарын қолданған кездегі жабындардың қызмет ету мерзімінен орташа алғанда, 2-3 есе жоғары.

Сонымен, құрастырылған технология автомобиль жолдарын салу және жөндеу кезінде пайдалануға болатын қасиеттерінің ауқымы кең полимерлі-битумды тұтастырғыштарды алуға мүмкіндік береді.

7. Аймақтағы экологиялық шиеленістерді және тұтастырғыштардың құнын төмендетуге мүмкіндік беретін қажетті сападағы жол жабындарын әзірлеу үшін модифицирленген резина ұнтағын қолданып полимерлі- битумды тұтастырғыштарды алудың параметрлері таңдалды және технологиялық сызбасы әзірленді. Температуралық ретін дұрыс анықтау- ПБТ дайындаудың оңтайлы температурасы- $150-170^{\circ}\text{C}$ аралықта және араластыру уақыты 5-7 сағат, жұмыс уақыты мен энергия ресурстарын үнемдеуге, қондырғының

өнімділігін арттыруға және тиімділігі жоғары битум модификаторы ретінде модифицирленген резина ұнтағының потенциалын іске асырудың ең жақсы тәсілі.

«ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі-битумды тұтастырғыштар өндірісінің экономикалық тиімділігін бағалау өндірістің экономикалық тиімді болып табылатынын көрсетті. «ЭКО-Шина» ЖШС резина ұнтағымен модифицирленген полимерлі - битумды тұтастырғыштар өндірісінің экономикалық тиімділігі жылына 7991491,2 теңгені құрайды.