

ЭОЖ 665.6
DOI 10.56525/PWPS8855

ПОЛИМЕРЛІ ҚАЛДЫҚТАРМЕН БИТУМ МОДИФИКАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Аккенжеева А.Ш., Бусурманова А.Ч., Акмурзаева С.

Есенов университеті, Ақтау қаласы, Қазақстан
e-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz, akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz,
saulesergeevna@gmail.com

Андатпа. Жол жабындарын төсеу технологиясын толық сақтау олардың жоғары пайдалану сенімділігін әрдайым қамтамасыз ете бермейді. Автомобиль жолдарының төмен қызмет ету мерзімі көбінесе қолданылатын битум сапасының жеткіліксіздігімен байланысты. Осыған байланысты жақсартылған пайдалану сипаттамаларына ие полимер-битумды байланыстырғыштарды қолдану жол саласының дамуының өзекті бағыты болып табылады. Битумды модификациялау үшін көбіне салыстырмалы түрде қымбат стирол-бутадиен-стирол негізіндегі термоэластопласттар пайдаланылады. Бұл жұмыста полимер-битумды байланыстырғыштардың өзіндік құнын төмендету мақсатында пластикалық қалдықтар мен дайын полимерлік модификаторларды бірлесіп қолданудың битумның реологиялық қасиеттері мен химиялық өзара әрекеттесуіне әсері эксперименттік түрде зерттелді. Зерттеуде пластикалық қалдық ретінде мөлшері 1–2% аралығында болатын төмен тығыздықтағы екінші реттік полиэтилен (LDPE) және дайын полимерлік модификатор (СБС) қолданылды. Алынған битумды байланыстырғыштардың физика-механикалық қасиеттері СТ РК стандарттарына сәйкес анықталды. Зерттеу нәтижелері пластикалық қалдықтардың мөлшері артқан сайын полимерлік модификаторлардың қатысуымен битумның пластикалық аралығы кеңейетінін көрсетті. Бұл қолданылған полимерлердің модификацияланған битумның физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға оң әсер ететінін дәлелдейді. Пластикалық қалдықтардың полимер-битумды байланыстырғыш сапасына әсері туралы жаңа эксперименттік деректер алынды және олардың дайын полимерлік модификаторлармен үйлесімділігі анықталды.

Түйін сөздер: пластикалық қалдықтар; мұнай битумы; модификация; полимерлік модификаторлар.

Кіріспе

Пластмассалар – бұл мұнай өңдеу өнімдерінен алынған синтетикалық материалдар [1]. Термопласттардың химиялық күйіне байланысты олар биологиялық ыдырауға ұшырамайды немесе қоршаған орта жағдайларына әсер етпейді. Термореактивті пластмассалары – мономерлер арасында қайтымсыз химиялық байланыс түзетін, өзара байланысқан гетерогенді полимерлер, сондықтан олар жоғары температураны немесе балқуды қолданғаннан кейін қатайды. Бұл сұйық күйден қатты күйге ауысудың толығымен қайтымсыз процесі [2]. Термореактивті пластиктің құрамында гетерогенді өзара байланысқан мономерлі буындар болғандықтан, термореактивті пластиктің химиялық байланыстың, мысалы, күрделі эфир байланысы немесе амидтік байланыстары гидроликалық бөлінуіне байланысты деградацияға ұшырауы мүмкін [3].

2015 жылы әлемде 407 миллион тонна пластмасса өндірілді [4]. Пластикалық қалдықтар бүкіл әлемде, соның ішінде Қазақстанда да күрделі және өсіп келе жатқан экологиялық проблема болып табылады. Оларға өнеркәсіптік пластик, пластикалық пакеттер және пластикалық бөтелкелер кіреді [5]. Экологиялық проблемалардың туындауы нәтижесінде пластикалық қалдықтарды қайта өңдеуге деген қызығушылық артты [6].

Термопластиканы қолдану кезінде пайда болған қалдықтар өнеркәсіптік және тұрмыстық қатты қалдықтарға айтарлықтай үлес қосады. Сондықтан, қалдықтардың бұл мөлшерін икемді битум жол конструкцияларын салу кезінде қолдануға болады, өйткені оның

жоғары температуралық қасиеттері жол жамылғысының деформациясын болдырмауға және битум қоспасын жоғары температурада қолдануда берік етуге көмектеседі. Битумға қосылған осы синтетикалық полимерлердің аз мөлшері жол төсемін салу шығындарының төмендеуіне әкеледі. Жоғары температурада төмен тұтқырлық қуат шығынын азайтуға көмектеседі және битуммен қауіпсіз жағдайда жұмыс істеуге мүмкіндік береді [7].

Материалдар мен зерттеу әдістері

Полимерлік қалдықтардың үлгілері екінші реттік шикізатты өңдеумен айналысатын қоқыс өңдеу цехтарынан алынды. Өртүрлі тығыздықтағы екінші реттік полиэтилендердің физика-механикалық сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген. Полимерлік қалдықтар механикалық рециклинг әдісі арқылы алынған. Бұл өңдеу тәсілінде полимер массасы 200 °С температураға дейін қыздырылып, кейіннен саңылаулар арқылы жіп тәрізді күйде экструзияланады. Алынған жіптер бірден суға салу арқылы салқындатылып, кейін орташа өлшемі 2–3 мм болатын түйіршіктерге ұсақталады.

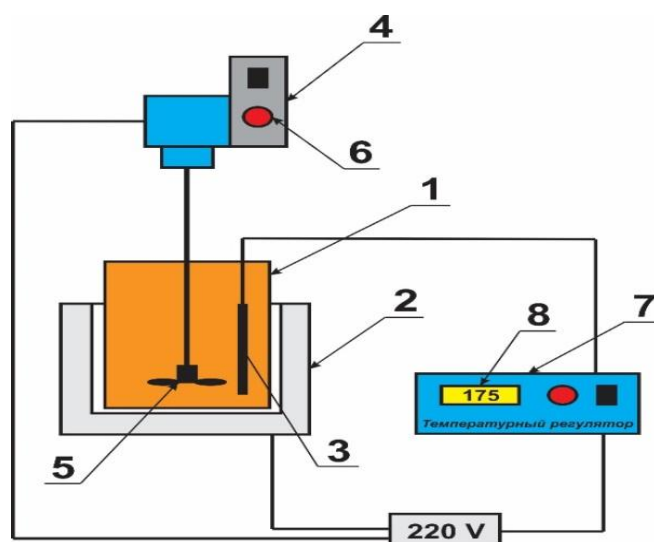
Кесте 1 – Бастапқы және екінші реттік полиэтиленнің (LDPE) физика-механикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Бастапқы полиэтилендер	Екінші реттік полиэтилендер
	LDPE	LDPE
Созылуға беріктік шегі, МПа	16±0,5	8,8-10±0,5
Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзару, %	600-800	170-220

Битумды модификациялау үшін зертханада ВМЕ 100LT зертханалық эмульсатордан, араластырғыштан, термометрден тұратын араластыру жабдығы қолданылды.

Битумды модификациялау битумды модификациялау қондырғысында жүргізілді (1-сурет). Қондырғы цилиндрлік реактордан тұрады (1) ұзындығы 20 см және ішкі диаметрі 15 см. Реактор электр пешінің көмегімен қызады (2). Реактордағы температураны анықтау және қолдау үшін температура реттегішіне қосылған термометр бар (3). Битумды полимермен араластыру жылдамдығы араластырғышпен реттеледі (4). Араластырғыш металл пропеллерден (5), пропеллердің айналу жылдамдығын реттеушіден (6) тұрады. Қыздыруды реттеу температура реттегіші (7) арқылы пештің қуат кернеуін арттыру арқылы жүзеге асырылады, процестің температурасы сандық дисплей (8) арқылы ұсынылады.

Модификацияланған битумның өлшендісі орташа есеппен 170-200 г құрады, талдау жүргізу үшін сынама дайындау келесі тәртіппен жүргізілді. Модификациялау процесін жүргізер алдында битум үлгісі қозғалатын күйге дейін ерітілді (105°С жоғары емес температурада) және пластикалық қалдықтар баяу қосылды. Содан кейін полимерді битум мен қалдықтардың қоспасына қосып, қоспаны біркелкі болғанша тұрақты араластырып, қыздырады. Температура 165-170 °С аралығында сақталды, модификатордың түріне байланысты материалдар 60 минуттан 180 минутқа дейін араластырылды.



Сурет 1 – Битумды модификациялау қондырғысының схемасы

1 – реактор; 2 – электр пеші; 3 – термометр; 4 – жоғары ығысу араластырғышы; 5 – араластырғыш металл пропеллер; 6 – жоғары ығысу араластырғыштың жылдамдығын реттегіші; 7 – температураның автоматты реттегіші

Бірқатар тәжірибелер нәтижесінде битумнан және түйіршіктер түріндегі пластикалық қалдықтардан МЖБ 100/130 маркалы модификацияланған битум үлгілері алынды (2-кесте).

Кесте 2 – МЖБ 70/100 маркалы мұнай жолының тұтқыр битумының сипаттамалары

№	Көрсеткіштің атауы	МЖБ 70/100	Нақты мәні	Тест әдісі
1	25 °С пенетрация, төмен емес, мм	71-100	79	ҚР СТ 1226
2	0 °С пенетрация, төмен емес, мм	22	23	
3	Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, °С, төмен емес	47	47	ҚР СТ 1227
4	25 °С температурада созылғыштық, см, кем емес	75	>150	ҚР СТ 1374
5	0 °С температурада созылғыштық, см, кем емес	3,7	4,6	
6	Динамикалық тұтқырлық 60 °С, Па*с, кем емес	145	240	ҚР СТ 1211
7	Кинематикалық тұтқырлық 135 °С, мм ² /с, кем емес	250	434	ҚР СТ 1210
8	Тұтану температурасы °С, төмен емес	230	286	ҚР СТ 1804
9	Фраас бойынша сынғыштық температурасы, °С, жоғары емес	-20	-22	ҚР СТ 1229
10	Пенетрация индексі	-0,1-ден +1,0-ге дейін	-0,9	
11	Ерігіштігі %, кем емес	99,0	99,9	ҚР СТ 1228
12	Парафин мөлшері %, жоғары емес	2.5	0,3	ҚР СТ 1230

Талдау жүргізу үшін мынадай жабдықтар пайдаланылды: пенетрометр, жұмсару температурасын анықтауға арналған аппарат, Фраас бойынша сынғыштықты анықтауға арналған аспап, дуктилометр.

Нәтижелер және талдау

3-кестеде бастапқы және екінші реттік полиэтиленнің физика-механикалық көрсеткіштері келтірілген. 1-кестеден екінші реттік полиэтилендердің негізгі қасиеттерінің

бір бөлігін жоғалтатыны байқалады, алайда олар жеткілікті түрде жоғары беріктік және деформациялық сипаттамаларды сақтайды.

Полимер-битумды дисперстік жүйелердің тұрақтылығы полимерлер мен шайырлы-асфальтенді компоненттердің қасиеттерінің өзара жақындығына байланысты. Жүйе тұрақсыз болған жағдайда фазалық жіктелуге бейімділік байқалады. Бұл үдеріс әсіресе сақтау, тасымалдау және қыздыру кезінде айқын көрінеді. Полимер-битумды байланыстырғыштарды модификациялау үшін LG 501 маркалы дайын СБС полимери (Оңтүстік Корея) қолданылды.

Кесте 3 – Төмен қысымды полиэтилен (ТҚПЭ) және LG 501 маркалы SBS модификаторы қосылған полимер-битум байланыстырғыштарының физикалық және механикалық сипаттамалары

Көрсеткіштің атауы	LG 501 маркалы SBS құрамы, мас. %											ҚР СТ 2534-2014
	0	0	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2	
LDPE мөлшері, мас. %	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2	
Жұмсару температурасы, °С	63	66	60	60	58,2	61	62	61	61	61,4	62,5	62 °С төмен емес
25 °С-та пенетрация	39	43	44	41	51	48	51	45	45	43	46	51-70
25 °С-та созылғыштық, см	27,5	17,5	29,5	16,5	33	29	30	18	25	28	25	20 см кем емес

3-кестеден көргендей, LG 501 маркалы СБС модификаторының болмауы ине ену тереңдігінің төмендеуіне, созылғыштықтың азаюына және жұмсару температурасының аздап жоғарылауына әкеледі. Модификаторды 1% мөлшерде енгізу негізгі қасиеттердің айтарлықтай өзгеруіне әсер етпейді. Атап айтқанда, жұмсару температурасы мен дуктильдік көрсеткіші бұрынғы деңгейде сақталады, ал пенетрация мәні артады. Модификатор мөлшерін 2%-ға дейін одан әрі арттыру жұмсару температурасының жоғарылауына алып келеді, бұл ретте пенетрация көрсеткіші алдымен өсіп, кейіннен төмендейді. Аталған әсер жүйеде полимерлік қалдықтар мен СБС модификаторының битум матрицасында физикалық ісіну үдерісінің жүруімен түсіндіріледі, бұл өз кезегінде беріктік сипаттамаларының артуына ықпал етеді. Құрамында 1,5 масс. % полимерлік қалдық (LDPE) және 1,5 масс. % СБС модификаторы бар полимер-битумды байланыстырғыш жұмсару температурасы, пенетрация және созылғыштық көрсеткіштері бойынша СТ РК 2534–2014 стандартының БМП 50/70 маркасына қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Осылайша, пластикалық қалдықтарды қосу арқылы алынатын полимер-битумды байланыстырғыштарды дайындаудың ең оңтайлы рецептурасы қалдықтардың мөлшерін 2 масс. % дейін, дайын полимерлік модификатордың мөлшерін 0,5–1,5 масс. % аралығында камтиды, ал қалған бөлігін битумды масса құрайды.

Қорытынды

Жол құрылысына арналған битумның өзіндік құнын төмендету мақсатында модификацияланған битумдарды алу кезінде пластикалық қалдықтарды шикізат ретінде қолданудың тиімділігі көрсетілді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде төмендегідей қорытындылар жасалды:

1. СТ РК 2534–2014 талаптарына сай келетін полимер-битумды байланыстырғыштарды алу үшін пластикалық қалдықтар мен дайын полимерлік модификаторлар негізінде оңтайлы құрамдар анықталды;

2. құрамында 1,5 масс.% LDPE және 1,5 масс.% СБС модификаторы бар полимер-битумды байланыстырғыш барлық көрсеткіштер бойынша СТ РК 2534–2014 стандартының БМП 50/70 маркасына қойылатын талаптарына сәйкес келеді;

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, полимер-битумды байланыстырғыштарды дайындаудың оңтайлы рецептурасы ретінде пластикалық қалдықтардың мөлшері 2 масс.% дейін, ал дайын полимерлік модификатордың мөлшері 0,5–1,5 масс.% аралығында болуы ұсынылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Guru M., Jursat Cubuk M., Arslan D., Ali Farzanian. An approach to the usage of polyethylene terephthalate (PET) waste as roadway pavement material // Journal of Hazardous Materials. – 2014. - № 279. - P. 302-310.

2. Alauddin M.B., Choudhury I.A., El Baradie M.A., Hashmi M.S. Plastics and their machining: a review // Journal of Materials Processing Technology. - 1995. – Vol. 54, N 4. – P. 40-46.

3. Müller R.J., Kleeberg I., Deckwer W.D. Biodegradation of polyesters containing aromatic constituents // Journal of Biotechnology. - 2001. – Vol.86, N 2. – P. 87-95.

4. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, Use, and Fate of All Plastics // Ever Made. Sci. Adv. – 2017. – Vol. 3, N 7. – P. 1425-1429.

5. White G., Reid G. Recycled Waste Plastic for Extending and Modifying Asphalt Binders. // Presented at 8th Symposium on Pavement Surface Characteristics (SURF 2018) / Brisbane, Queensland, Australia.

6. Grause G., Yoshikoka T. Recycling of Waste Plastics // Topical Themes in Energy and Resources. - 2015. – P.195-214.

7. Divyanshu Bhatt, Suman Markuna. Utilization of non-biodegradable plastic waste for the plastic-bitumen mix: a review. // International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. - 2020. – Vol. 2, № 5. - P. 639-645.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ

Аккенжеева Анар, Бусурманова Аккенже, Акмурзаева Сауле

Университет Есенова, г.Ақтау, Казахстан

e-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz, akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz,

saulesergeevna@gmail.com

Аннотация. Даже при строгом соблюдении технологии укладки дорожных покрытий не всегда удаётся обеспечить их высокую эксплуатационную надёжность. Одной из ключевых причин низкой долговечности автомобильных дорог является недостаточное качество применяемого битума. В этой связи актуальным направлением развития дорожной отрасли становится использование полимер-битумных вяжущих, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками. Наиболее распространёнными модификаторами битума являются термоэластопласты на основе стирол-бутадиен-стирола, отличающиеся сравнительно высокой стоимостью. В настоящей работе экспериментально исследовано влияние совместного применения пластиковых отходов и промышленных полимерных модификаторов на реологические свойства и химическое взаимодействие битумного вяжущего с целью снижения себестоимости полимер-битумных материалов. В качестве

пластикового компонента использовался вторичный полиэтилен низкой плотности (LDPE) в количестве от 1 до 2% в сочетании с готовыми полимерными модификаторами (СБС). Физико-механические характеристики полученных вяжущих определялись в соответствии со стандартными методиками СТ РК. Результаты исследований показали, что увеличение содержания пластиковых отходов приводит к расширению интервала пластичности битума в присутствии полимерных модификаторов. Это свидетельствует о положительном влиянии используемых полимеров на улучшение физико-механических свойств модифицированного битума. Получены новые экспериментальные данные, подтверждающие эффективность применения пластиковых отходов и их совместимость с промышленными полимерными модификаторами.

Ключевые слова: пластиковые отходы; нефтяной битум; модификация; полимерные модификаторы.

INVESTIGATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER-BITUMEN BINDERS

Akkenzheyeva Anar, Bussurmanova Akkenzhe, Akmurzayeva Saule

Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

e-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz, akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz, saulesergeevna@gmail.com

Annotation. Strict compliance with road pavement laying technology does not always guarantee high operational reliability. One of the main reasons for the insufficient durability of highways is the inadequate quality of the bitumen used. In this context, the transition to polymer-modified bitumen binders with enhanced performance characteristics represents a relevant trend in the development of the road construction industry. Thermoplastic elastomers based on styrene-butadiene-styrene are most commonly employed for bitumen modification; however, they are characterized by relatively high cost. In the present study, the effect of the combined use of plastic waste and commercial polymer modifiers on the rheological properties and chemical interactions of bitumen binders was experimentally investigated in order to reduce the cost of polymer-modified binders. Secondary low-density polyethylene (LDPE) waste in the amount of 1–2% was used in combination with commercial polymer modifiers (SBS). The physical and mechanical properties of the resulting binders were determined in accordance with standard methods specified by ST RK. The results demonstrated that an increase in plastic waste content leads to an expansion of the bitumen plasticity interval in the presence of polymer modifiers. This indicates a positive effect of the applied polymers on improving the physical and mechanical properties of modified bitumen. New experimental data were obtained on the influence of plastic waste on the quality of polymer-bitumen binders, and the compatibility of the selected plastic waste with commercial polymer modifiers was confirmed.

Key words: plastic waste; petroleum bitumen; modification; polymer modifiers.