

ӘӨЖ 665.6
DOI 10.56525/CDKX9600

МҰНАЙ БИТУМЫН ПОЛИМЕРЛІ ҚАЛДЫҚТАР МЕН СТИРОЛ- БУТАДИЕНСТИРОЛ ЖӘНЕ ЭЛВАЛОЙ ПОЛИМЕРЛЕРІМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАУ

Аккенжеева Анар¹, Бусурманова Аккенже¹, Викторс Харитоновс², Жұмахмет Ерасыл¹

¹Есенов университеті, Ақтау қаласы, Қазақстан

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

e-mail: yerassyl1.zhumakhmet@yu.edu.kz

²Рига техникалық университеті, Рига қаласы, Латвия

e-mail: viktors.haritonovs@rtu.lv

Аңдатпа. Полимерлі материал қалдықтарын қайта өңдеу қоршаған ортаны тазартуға және жақсартуға ықпал ететін болғандықтан, жақсартылған сипаттамалары бар модификацияланған жол битумын алу үшін шикізаттың табиғатына және қалдық құрамы мен модификациялау процесі үшін параметрлерді таңдауға бағытталған кешенді тәсіл қажет. Бұл жұмыста жол битумын пластификаторды қосу арқылы полимер қалдықтарымен модификациялауды зерттеу нәтижелері берілген. Сынғыштық температурасын төмендетуге қабілетті пластификаторды енгізу арқылы рецептурасы жаңартылды. Битумдарды өзгерту процесін жүргізу үшін қондырғы жасалды. Қондырғы-электр арқылы қыздырылатын Болат цилиндрлік реактор, ал қыздыру температурасы термостатпен бекітіледі. Жоғарыдан араластырғыш реакторға қосылған, бұл процесі күшейту үшін шикізатты механикалық араластыруға мүмкіндік береді. Полимерлі-битумды байланыстырғыштың оңтайлы формуласы мұнай битумымен салыстырғанда жақсартылған өнімділігімен ерекшеленеді. Пластикалық қалдықтарды қосу арқылы полимербитумды байланыстырғыштарды дайындаудың ең оңтайлы формуласында 3 мас бар. % қалдықтар, 1-ден 3% - ға дейін СБС модификатор (модификаторды пайдаланбай 3% Пластификатор), қалғаны битум массасы. Полимер қалдықтарын пайдаланудың артықшылығы-оны алудың арзандығы және битум композит құрамындағы полимер компоненттерінің стратификациясын болдырмау үшін СБС қатысуымен битумды байланыстырғыштың құрамындағы құрылымның қалыптасуы.

Түйін сөздер: тұрмыстық полимер қалдықтары; мұнай битумы; модификация; пластификатор

Кіріспе

Полимерлі материалдардың қалдықтарын қайта өңдеу бізге құнды шикізаттың табиғи қорын сақтауға мүмкіндік береді, ресурс үнемдейтін технологияларды дамытуды ынталандырады, қоршаған ортаны тазартуға және жақсартуға ықпал етеді. Осылайша, 1 шақырым жолды төсеу кезінде байланыстырғышты өзгерту арқылы 1 тоннаға дейін полимер қалдықтарын қайта өңдеуге болады. [1] авторлары қайта өңделген тығыздығы төмен полиэтилен мен тығыздығы жоғары полиэтилен қосылған битумның модификациясын зерттеді. Талдау нәтижелері тығыздығы жоғары полиэтилен полимерінің битумда 0,5 % массалық концентрациясында да ерімейтінін көрсетті, бұл полимер бөлшектерімен біртекті емес қоспаның түзілуіне әкеледі. Нуали және басқалары [2] полимер битумының байланыстырушы өнімділігін жақсарту үшін қаптардағы тығыздығы төмен полиэтилен қалдықтарымен битумды модификациялауды зерттеді. Талдау нәтижелері жұмсару нүктесінің 15% жақсарғанын және пенетрация индексі мәнінің жоғарылағанын көрсетті. Зерттеуде [3] битумды өзгерту үшін қайта өңделген полиэтилен, полипропилен және полистирол пайдаланылды. Полиэтиленді қосқанда деформациялық жүктемелерге жақсы төзімділікке қол жеткізілетіні және битумның қаттылығы 60%-ға жоғарылайтыны анықталды. [4] авторлары битум мен асфальтбетон қоспаларын өзгерту үшін

полиэтилентерефталат (ПЭТ) пайдаланды. ПЭТ қолдану пенетрацияны азайтады және жұмсарту нүктесін, икемділік пен тұтқырлықты арттырады. Зерттеудің нәтижелері сонымен қатар асфальтбетон қоспаларында қолданылатын кәдімгі егу модификаторлармен салыстырғанда Маршалл қаттылығының жоғары модулін және жолтабан түзілу деңгейінің төмендеуін көрсетті. Реологиялық зерттеу [5] 4% ПЭТ ығысудың комплекстік модулін арттыратынын және фазалық бұрышты айтарлықтай төмендететінін көрсетті. Сондай-ақ, битумды ПЭТ полимерімен модификациялау $G^*/\sin\delta$ мәнін жақсартты, бұл жыртуға қарсы жақсартуды көрсетеді [6]. Әл-Джумайли [7] битумды ПЭТ, резеңке үгіндісі және пайдаланылған мотор майы арқылы модификациялауды зерттеді. Жұмыстың нәтижесінде сынаманың Маршалл бойынша тұрақтылығы құрамында 9% резеңке үгіндісі, 12% ПЭТ және 5% пайдаланылған мотор майы болғанда артады. Басқа зерттеу [8] стирол-бутадиенстирол (СБС) және ПЭТ полимерлерімен модификацияланған битумның шаршау қасиеттерін салыстырды және SBS және PET модификаторларының екеуі де битумдардың қажу қасиеттерін жақсартатынын анықтады. Бұл ғылыми-зерттеу жұмысында жол битумын пластификаторды қосу арқылы полимер қалдықтарымен модификациялау бойынша зерттеулер жүргізілді.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Зерттеу нысандары ретінде пластикалық бөтелкелерге негізделген полимерлі тұрмыстық қалдықтар пайдаланылды. Полимерлі қалдықтар механикалық қайта өңдеу арқылы алынады. Бұл әдістің мәні одан әрі термиялық өңдеу және сапалы шикізат алу үшін пластикалық қалдықтарды механикалық ұнтақтау болып табылады. Осы зерттеуде модификацияланған битумды дайындау үшін «CASPIBITUM» БК» ЖШС (Қазақстан) өндірген МЖБ 70/100 маркалы битум пайдаланылды. МЖБ 70/100 маркалы мұнай жол битумының сипаттамасы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – МЖБ 70/100 маркалы мұнай жолының тұтқыр битумының сипаттамалары

№	Көрсеткіштің атауы	МЖБ 70/100	Нақты мәні	Тест әдісі
1	25 °C пенетрация, төмен емес, мм	71-100	79	ҚР СТ 1226
2	0 °C пенетрация, төмен емес, мм	22	23	
3	Сақина мен шар бойынша жұмсарту температурасы, °C, төмен емес	47	47	ҚР СТ 1227
4	25 °C температурада созылғыштық, см, кем емес	75	>150	ҚР СТ 1374
5	0 °C температурада созылғыштық, см, кем емес	3,7	4,6	
6	Динамикалық тұтқырлық 60 °C, Па*с, кем емес	145	240	ҚР СТ 1211
7	Кинематикалық тұтқырлық 135 °C, мм ² /с, кем емес	250	434	ҚР СТ 1210
8	Тұтану температурасы °C, төмен емес	230	286	ҚР СТ 1804
9	Фраас бойынша сынғыштық температурасы, °C, 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

Зерттеу нәтижелері МЖБ 70/100 маркалы мұнай жолының тұтқыр битумының нақты сипаттамалары ҚР СТ 1373-2013 талаптарына сәйкес келетінін көрсетті.

Битумды модификациялау битумды модификациялау қондырғысында жүргізілді. Қондырғы ұзындығы 20 см және ішкі диаметрі 15 см цилиндрлік реактордан тұрады. Реактор электр пешінің көмегімен қызады. Реактордағы температураны анықтау және қолдау үшін

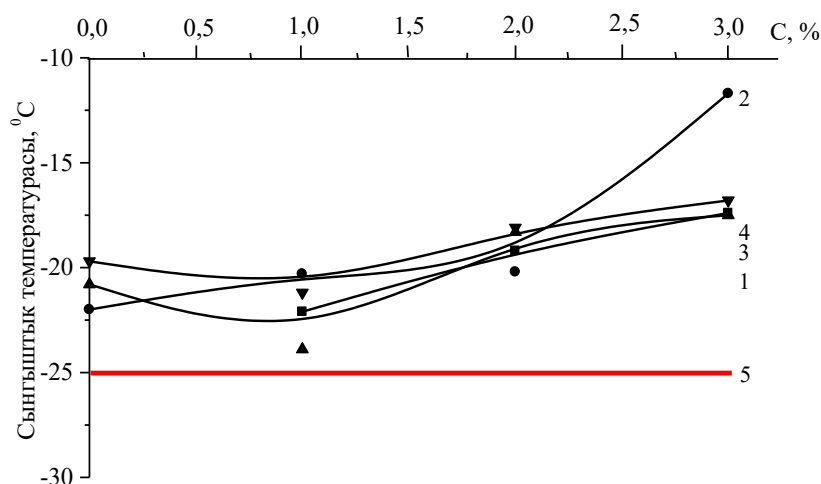
температура реттегішіне қосылған термометр бар. Битумды полимермен араластыру жылдамдығы араластырғышпен реттеледі. Битумды полимермен араластыру жылдамдығы араластырғыш көмегімен реттеледі, айналу жылдамдығы 6000 айн/мин құрайды. Қыздыру температура реттегіші арқылы пештің кернеуін арттыру арқылы реттеледі. Модификацияланған битумның өлшендісі орташа есеппен 200 г құрады. Модификациялау процесін жүргізер алдында битум үлгісі қозғалатын күйге дейін ерітілді (105°C жоғары емес температурада) және пластикалық қалдықтар баяу қосылды. Содан кейін полимерді битум мен қалдықтардың қоспасына қосып, қоспаны біркелкі болғанша тұрақты араластырып, қыздырады. Температура 175-180 °C аралығында сақталды, модификатордың түріне байланысты материалдар 180 минутқа дейін араластырылды. Полимерлі битум байланыстырғыштардың дайындалған қоспаларының сәйкестігін анықтау үшін келесі негізгі физикалық-механикалық сипаттамалар: жұмсару температурасы, иненің ену тереңдігі (пенетрация), созылу (икемділік) және Фраас сынғыштық температурасы анықталды. Жұмсару температурасы ҚР СТ 1227 бойынша «Сақина және шар» әдісімен анықталды. Пенетрацияны ҚР СТ 1226 бойынша пенетрометрмен анықталды. Созылғыштық битумның жабысуын (адгезиясын) жанама түрде сипаттайды және оның құрамдас бөліктерінің табиғатымен байланысты. Созылу ҚР СТ 1374 бойынша ЦКБ-974Н дуктилометрі арқылы анықталды. Фраас сынғыштық температурасы битумның сынғыштық температурасын анықтауға арналған АТХ-04 аппаратының көмегімен анықталды.

Полимер-битум байланыстырғыштарының қабаттануына жол бермеу үшін модификатор ретінде дайын жоғары серпімді полимер СБС-01-10 (стирол-бутадиен-стирол) және Элвалой дайын полимері қолданылды. Бұл модификаторды битумға енгізгенде, полимер-битум қоспасы төмен температурада жұмсақ және икемді, ал жоғары температурада тұтқыр болады. Сәйкесінше модификацияланған битумның адгезиясы артады.

Нәтижелер және талдау

Полимер қалдықтарын қосу арқылы жол битумдарын модификациялау бойынша зерттеулер жүргізілді. Полимер-битум байланыстырғыштарының қабатсыздануын болдырмау үшін модификатор ретінде СБС-01-10 (стирол-бутадиен-стирол) және Элвалой дайын полимерлері пайдаланылды.

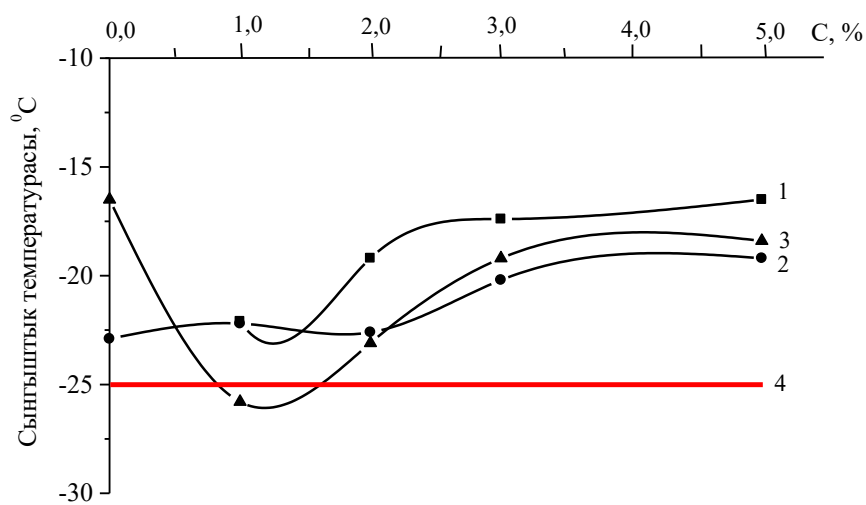
Морттық температурасының аздап төмендеуі қосылған полимерлік қалдықтар аралас компонент ретінде әрекет ететін қалдықтардың морттылық температурасын жоғарылататын агент болуымен түсіндіріледі (1-сурет).



Сурет 1 – Полимер қалдықтарының концентрациясына байланысты Фраас бойынша сынғыштық температурасының өзгеруі: 1 – СБС полимерінсіз; 2 – 1% СБС; 3 – 2% СБС; 4 – 4% СБС; 5 – МемСТ бойынша

СБС (1-сурет) және Элвалой (2-сурет) сияқты дайын полимерлермен компаундталған жағдайда байланыстырғыш заттардың сынғыштық көрсеткіші күрделі тәуелділікке ие, ал СБС концентрациясының жоғарылауы битумның мальтенді компонентінің адсорбциясына әкеледі, сонымен бірге полимер қалдықтары битум компоненттерімен нашар әрекеттеседі. Ароматты қосылыстардың көп мөлшері бар битумның мальтенді компоненті полимердің қарқынды ісінуіне, дисперсиясына және еруіне ықпал етеді.

Полимермен модификацияланған қалдық полимерлердің құрамдас бөліктері мицеллалардың шеткі жағында көмірсутектер мен шайырларды ұстауға бейім, яғни, пластикалық қасиет көрсетеді. Бұл жолтабан түзілуіне төзімділікті жақсарту үшін асфальтбетон қоспасының бөлігі ретінде полимер қалдықтарын пайдалануды дәлелдейді. Алынған байланыстырушы материал тұтастай алғанда үлкен жабысатын беріктікке және жоғары адгезиялық қасиеттерге ие болады, бұл модификацияланған асфальтбетон қоспасының ығысуға және динамикалық деформацияларға төзімділігін арттыруға ықпал етеді.



Сурет 2 – Полимер қалдықтарының концентрациясына байланысты Фраас бойынша сынғыштық температурасының өзгеруі: 1 – Элвалой полимерінсіз; 2 – 1% Элвалой; 3 – 2% Элвалой; 4 – МемСТ бойынша

Барлық зерттелетін диапазондағы полимер қоспасының концентрациясының өзгеруімен пенетрация, жұмсару температурасы мен созылғыштығының өзгеруі айқын тенденцияға ие болады, ал сынғыштық температурасы өлшеу әдісінің жинақталу шегінде болады және орташа, минус 20 °С мәні бар, бұл жұмсарту температурасының берілген мәніне жеткенде полимердің коагуляция процестерін бекітуге болатын кезде коллоидтық жүйенің қанығуын көрсетеді. Алынған полимер-битум байланыстырғышын төмен теріс температурасы жоқ (минус 30 °С төмен) климаттық аймақтарда қолданған жөн, немесе сынғыштық температурасын төмендететін пластификаторды енгізу арқылы рецептураны жаңарту қажет. Сондықтан алынған өнімнің өзіндік құнын төмендету үшін мотор майы түріндегі пластификаторды енгізу арқылы одан әрі тәжірибелер жүргізілді (кесте 2).

Кесте 2 – Құрамында 3% полимер қалдықтары бар және пластификатор қосылған полимер-битум байланыстырғыштардың физика-механикалық сипаттамалары

Көрсеткіштердің атауы	Пластификатордың мөлшері, масс. %					ПББ 40
	0%	3%	5 %	6%	10 %	
Пенетрация	38	49	68	76	94	40
Жұмсару	61	58	56	53	54	56-дан төмен емес

температурасы, °С						
25°С созылғыштық, см	10	12	15	13	11	15-тен кем емес
Сынғыштық температурасы, °С	-17	-21	-21	-25	-31	-15-тен жоғары емес

2-кестеде пластификатордың әртүрлі құрамындағы 3 массалық % мөлшерінде полимерлі қалдықтар қоспасымен дайындалған полимер битумды байланыстырғыштардың физика-механикалық қасиеттері көрсетілген. Кестеден көріп отырғанымыздай, пластификатор мөлшерінің 10%-ға дейін ұлғаюы иненің ену тереңдігінің артуына, жұмсару температурасының 53 °С дейін төмендеуіне және созылудың шамалы өсуіне әкеледі. Бұл жағдайда 6%-дан астам пластификаторды қосу физикалық-механикалық қасиеттердің айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді. Мысалы, пенетрация жоғарылайды, бірақ жұмсару температурасы мен созылу шамамен бір деңгейде қалады. Бұл жүйеде пластификатордың болуы битумдағы полимер қалдықтарының толық таралуына және беріктігін арттыруға әкелетіндігімен түсіндіріледі.

Қорытынды

Қорытындылай келе, битумдарды өзгерту процесін жүргізу үшін қондырғы жасалды. Қондырғы-электр арқылы қыздырылатын Болат цилиндрлік реактор, ал қыздыру температурасы термостатпен бекітіледі. Жоғарыдан араластырғыш реакторға қосылған, бұл процесті күшейту үшін шикізатты механикалық араластыруға мүмкіндік береді. Полимерлі-битумды байланыстырғыштың оңтайлы формуласы мұнай битумымен салыстырғанда жақсартылған өнімділігімен ерекшеленеді. Пластикалық қалдықтарды қосу арқылы полимербитумды байланыстырғыштарды дайындаудың ең оңтайлы формуласында 3 мас бар. % қалдықтар, 1-ден 3% - ға дейін СБС модификатор (модификаторды пайдаланбай 3% Пластификатор), қалғаны битум массасы. Полимер қалдықтарын пайдаланудың артықшылығы-оны алудың арзандығы және битум Композит құрамындағы полимер компоненттерінің стратификациясын болдырмау үшін СБС қатысуымен битумды байланыстырғыштың құрамындағы құрылымның қалыптасуы.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Nizamuddin S., Boom Y.J., Giustozzi F. Sustainable Polymers from Recycled Waste Plastics and Their Virgin Counterparts as Bitumen Modifiers: A Comprehensive Review. *Polymers*. – Vol. 13. – 2021. 3242.
2. Nouali M., Derriche Z., Ghorbel E., Chuanqiang L. Plastic bag waste modified bitumen a possible solution to the Algerian road pavements. *Road Materials and Pavement Design*. – Vol. 21. – 2019. – P. 1713-1725.
3. Lastra-González P., Calzada-Pérez M.A., Castro-Fresno D., Vega-Zamanillo A., Indacochea-Vega I. Comparative analysis of the performance of asphalt concretes modified by dry way with polymeric waste. *Construction and Building Materials*. – Vol. 112. – 2016. – P. 1133-1140.
4. El-Naga I.A., Ragab M. Benefits of utilization the recycle polyethylene terephthalate waste plastic materials as a modifier to asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*. – Vol. 219. – 2019. – P. 81-90.
5. Bary E.M.A., Farag R.K., Ragab A.A., Abdel-Monem R.M., Abo-Shanab Z.L., Saleh A.M.M. Green asphalt construction with improved stability and dynamic mechanical properties. *Polymer Bulletin*. – Vol. 77. – 2020. – P. 1729-1747.
6. Abdelaziz M., Mohamed Rehan K. Rheological evaluation of bituminous binder modified with waste plastic material. *Proceedings of the 5th International Symposium on Hydrocarbons and Chemistry, Sidi Fredj, Algiers. 23-25 May 2010*. – P. 1-7.

7. Al-Jumaili M.A.H. Sustainability of asphalt paving materials containing different waste materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 454. – 2018. 12176.

8. Modarres A., Hamed H. Effect of waste plastic bottles on the stiffness and fatigue properties of modified asphalt mixes. Materials & Design. – Vol. 61. – 2014. – P. 8-15.

МОДИФИКАЦИЯ НЕФТЯНОГО БИТУМА ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ И ПОЛИМЕРАМИ СТИРОЛА-БУТАДИЕНСТИРОЛА И ЭЛВАЛОЙ

Аккенжеева Анар¹, Бусурманова Аккенже¹, Викторс Харитоновс², Жумахмет Ерасыл¹

¹Университет Есенова, г.Ақтау, Казахстан

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

e-mail: yerassyl1.zhumakhmet@yu.edu.kz

²Рижский технический университет, г.Рига, Латвия

e-mail: viktors.haritonovs@rtu.lv

Аннотация. Поскольку переработка отходов полимерного материала способствует очистке и улучшению окружающей среды, для получения модифицированного дорожного битума с улучшенными характеристиками необходим комплексный подход, ориентированный на природу сырья и выбор параметров для остаточного состава и процесса модификации. В данной работе представлены результаты исследования модификации дорожного битума полимерными отходами с добавлением пластификатора. Обновлена рецептура с введением пластификатора, способного снижать температуру хрупкости. Была создана установка для проведения процесса смены битумов. Установка представляет собой стальной цилиндрический реактор, который нагревается электрически, а температура нагрева фиксируется термостатом. Сверху смеситель подключен к реактору, что позволяет механически перемешивать сырье для ускорения процесса. Оптимальная формула полимерно-битумного связующего отличается улучшенными характеристиками по сравнению с нефтяным битумом. Наиболее оптимальная формула приготовления полимербитумных связующих с добавлением пластиковых отходов содержит 3 мас. % отходы, от 1 до 3% СБС модификатор (3% Пластификатор без использования модификатора), остальное-битумная масса. Преимуществом использования полимерных отходов является дешевизна его получения и формирование структуры в составе битумного связующего с участием СБС для предотвращения расслоения полимерных компонентов в составе битумного композита.

Ключевые слова: бытовые полимерные отходы; нефтяной битум; модификация; пластификатор.

MODIFICATION OF OIL BITUMEN WITH POLYMER WASTE AND POLYMERS OF STYRENE-BUTADIENESTYRENE AND ELVALOY

Akkenzheyeva Anar¹, Bussurmanova Akkenzhe¹, Zhumakhmet Erasyl¹, Viktors Haritonovs²

¹Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

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

e-mail: yerassyl1.zhumakhmet@yu.edu.kz

²Riga Technical University.

e-mail: viktors.haritonovs@rtu.lv

Annotation. Since the recycling of polymer waste contributes to the purification and improvement of the environment, an integrated approach is needed to obtain modified bitumen with

improved characteristics, focusing on the nature of the raw material and the choice of parameters for the residual composition and the modification process. This paper presents the results of a study of the modification of road bitumen with polymer waste with the addition of plasticizer. The formulation has been updated with the introduction of a plasticizer capable of reducing the temperature of brittleness. An installation was created to carry out the bitumen change process. The installation is a cylindrical steel reactor that is heated electrically, and the heating temperature is fixed by a thermostat. The mixer is connected to the reactor from above, which allows mechanical mixing of raw materials to speed up the process. The optimal polymer bitumen binder formula has improved characteristics compared to petroleum bitumen. The most optimal formula for the preparation of polymer bitumen binders with the addition of plastic waste contains 3 wt. % waste, from 1 to 3% SBS modifier (3% Plasticizer without modifier), the rest is bitumen. The advantage of using polymer waste is the cheapness of its production and the formation of a structure in the bitumen binder with the participation of SBS to prevent the stratification of polymer components in the bitumen composite.

Keywords: household polymer waste; petroleum bitumen; modification; plasticizer.