

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИКАТОРА РЕОЛОГИИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

Михайлова О.А.
Фейзер Е.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
mihaylovalymar@mail.ru, Malkina1903@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Корректировка реологических свойств битумного вяжущего для улучшения с целью повышения эксплуатационных свойств асфальтобетонных смесей является актуальной задачей в дорожном строительстве в условиях постоянного повышения требований к качеству асфальтобетонных покрытий. В статье изучено влияние нового пластификатора на основе сырья растительного происхождения Унипласт-3 на такие физико-химические свойства битума и полимерно-битумного вяжущего, как температура размягчения по КиШ, глубина проникания иглы при 0 и 25°C, растяжимость битумного вяжущего, изменение массы и температуры размягчения после прогрева, температура хрупкости по Фраасу, а также растяжимость полимерно-битумного вяжущего. Проведена оценка эффективности влияния модификатора Унипласт-3 на реологические свойства вяжущего в сравнении с пластификаторами на основе продуктов нефтепереработки ЭСО (экстракта селективной очистки) и ПН-бш. Выявлено, что пластифицирующее действие Унипласт-3 превосходит по эффективности традиционные пластификаторы на основе продуктов нефтепереработки. Подобрана рациональная концентрация введения Унипласт-3 для получения, полимерно-битумного вяжущего ПБВ-60 на основе битума БНД 70/100 и термоэластопласта бутадиен-стирольного. Изучена возможность совместного применения пластификатора Унипласт-3 с добавкой на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2 с целью получения битумного вяжущего с улучшенными эксплуатационными свойствами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

пластификатор, битум, физико-химические свойства, полимерно-битумное вяжущее, реология.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно возрастающие требования к эксплуатационной надежности дорожных покрытий в условиях роста нагрузок и интенсивности движения, экстремальных колебаний погодных условий диктуют необходимость получения битумных вяжущих с улучшенными эксплуатационными свойствами. Ужесточение требований к качеству дорожных вяжущих и в то же время повышение доли выпускаемых вязких битумов вследствие углубления нефтепереработки, диктует необходимость учета их реологических параметров на стадии подбора асфальтобетонных смесей [1]. Особенно актуальной необходимостью регулирования реологических параметров является в случае модификации битума полимером, при приготовлении полимерно-битумного вяжущего (ПБВ). Мальтены играют основную роль при растворении полимера, таким образом целесообразным для приготовления ПБВ является использование битумов с низкой вязкостью, с высокой мальтеновой частью, но на практике это не всегда возможно [2]. Известно, что для получения ПБВ с оптимальными свойствами без пластификаторов требуется как минимум 5-6 % СБС по массе, так как растворение происходит недостаточно полно. Введение в состав вяжущего полимера приводит к значительному возрастанию вязкости, что усложняет процессы приготовления и укладки асфальтобетонной смеси [3]. Также, варьируя только соотношением полимер-битум не всегда удается достичь соответствия характеристик ПБВ всем требованиям ГОСТ Р 52056. Таким образом, в случае использования дорожного битума с высокой вязкостью использование пластификаторов является необходимостью.

На данный момент при производстве ПБВ используется широкий спектр пластификаторов на основе масляных фракций продуктов нефтепереработки.

Но при выборе пластификатора стоит учесть не только его эффективность, но и такие немаловажные свойства как пожаробезопасность и экологичность. Так, научно-производственной компанией ООО «Селена» на данный момент выпускается серия эффективных пластификаторов «Унипласт», не содержащих в своем составе легковоспламеняющихся и токсичных веществ. Применение данных пластификаторов позволяет существенно ускорить процесс приготовления ПБВ за счёт уменьшения времени, необходимого для растворения полимеров в битумном вяжущем; улучшить растворимость и равномерность распределения полимера в ПБВ, в результате чего возможно снижение концентрации вводимого полимера, без ухудшения качественных характеристик ПБВ; улучшить ряд деформационных характеристик асфальтобетонных смесей, повысить их удобоукладываемость и уплотняемость и обеспечить требуемую температуру хрупкости при минимальном содержании полимера.

Совсем недавно в рамках данной серии научно-производственной компанией «Селена» в сотрудничестве с Кафедрой автомобильных и железных дорог им. А.М. Гридчина Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова был разработан и запущен в производство пластификатор Унипласт-3, основой которого являются исключительно компоненты растительного происхождения, что делает его безопасным для человека и окружающей среды. Важным преимуществом данного пластификатора также является его низкая вязкость и температура застывания ниже -15°C, что позволяет легко дозировать его без предварительного подогрева даже в холодное время года. Унипласт-3 не содержит легковоспламеняющихся веществ и имеет температуру вспышки более 200 С [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы являлась оценка эффективности действия нового пластификатора Унипласт-3 на реологические свойства битума и полимерно-битумного вяжущего, изучение возможности применения данной добавки для получения битумного вяжущего с улучшенными свойствами.

В качестве исходного битума был использован битум БНД 70/100 производства АО «Газпромнефть-Московский НПЗ» соответствующего по всем показателям нормам ГОСТ 33133. Для проведения сравнительной оценки в работе были испытаны составы с пластификаторами ПН-6ш производства ООО «Газпромнефть-СМ» и ЭСО (экстракт селективной очистки) производства ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок», так как данные добавки доказали свою эффективность и широко применяются при производстве ПБВ [5]. В качестве полимерного модификатора битума для приготовления образцов полимерно-битумного вяжущего для испытания был использован термоэластопласт бутадиен-стирольный ДСТ Л 30-00 производства АО Воронежсинтезкаучук.

На первом этапе испытаний, для определения зависимости эффективности пластификатора Унипласт-3 от концентрации были приготовлены образцы битума, модифицированного данным пластификатором в различных концентрациях в диапазоне от 0,5 до 3,0%. Для сравнительной оценки эффективности были использованы образцы битума, модифицированного 3% пластификаторов ЭСО и ПН-6ш. Приготовление образцов модифицированного пластификатором битума осуществлялось путем добавления расчетного количества пластификатора в битум, нагретый до температуры 160°C и перемешивания при данной температуре с помощью лабораторной мешалки с частотой 250 об/мин в течении 15 минут. В полученных таким образом составах и исходном битуме исследовались следующие физико-химические свойства битумного вяжущего: глубина проникания иглы при 0°C и 25°C (по ГОСТ 33136), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 33142), температура хрупкости по

Фраасу (по ГОСТ 33143), растяжимость при 0°C (по ГОСТ 33138), изменение массы образца после старения методом RTFOT (по ГОСТ 33140), изменение температуры размягчения после старения, (по ГОСТ 33140, ГОСТ 33142), динамическая вязкость по условию 1 при 60С, и скорости сдвига 1,5 с-1(по ГОСТ 33137).

Далее проводили сравнение действия пластификаторов на свойства ПБВ. Для этого использовали две добавки с наибольшим пластифицирующим эффектом: Унипласт-3 и ПН-6ш. Для исследования были приготовлены образцы битума, модифицированного равным количеством содержания полимера ДСТ Л 30-00 -3,2% и различным содержанием пластификаторов Унипласт-3 и ПН-6 от 3 до 5%. В полученных составах полимерно-битумного вяжущего исследовались следующие физико-химические свойства: глубина проникания иглы при 0°C и 25°C (по ГОСТ 11501), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 11506), температура хрупкости по Фраасу (по ГОСТ 11507), растяжимость при 0°C и 25°C (по ГОСТ 11505), эластичность при 0 и 25°C (ГОСТ Р 52056), изменение температуры размягчения после прогрева (по ГОСТ 18180 и ГОСТ 11506).

Также в работе было исследовано совместное влияние пластификатора Унипласт-3 с производимым компанией «Селена» модификатором реологии битума на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2, снижающим вязкость битума при температурах выше 140°C и повышающим вязкость при температурах эксплуатации покрытия, что позволяет увеличить интервал пластичности битума за счет увеличения температуры размягчения и улучшить показатель устойчивости покрытия к колееобразованию.

Для исследования был приготовлен образец битума БНД 70/100, модифицированный 2% Вискодор ПВ-2 и образец битума, модифицированный 2% Вискодор ПВ-2 и 2,5% Унипласт-3. Данные образцы, а также исходный битум были протестированы по следующим показателям: глубина проникания иглы при 0°C и 25°C (по ГОСТ 33136), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 33142), температура хрупкости по Фраасу (по ГОСТ 33143), растяжимость при 0°C (по ГОСТ 33138).



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные результаты исследований физико-химических свойств модифицированного пластификаторами битума представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показывает, что исследуемые добавки оказывают значительный пластифицирующий эффект на битум, что выражается в увеличении таких показателей, как глубина проникания иглы при 25 и 0 °С, увеличении растяжимости битума и снижении динамической вязкости. Введение в битум исследуемых пластификаторов также несколько

снижает температуру размягчения битума, что стоит учитывать при проектировании состава вяжущего. Добавление всех исследуемых добавок улучшают температуру хрупкости вяжущего, что окажет положительное влияние на устойчивость асфальтобетонного покрытия к воздействию низких температур в зимний период. При этом очевидно, что препарат Унипласт-3 оказывает значительно большее влияние на реологические показатели битума, чем пластификаторы на основе продуктов нефтепереработки – ЭСО и ПН-6ш.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики битума после введения пластификаторов

Показатель	Без добавки	Добавка							
		Унипласт-3						СО	ПН-6ш
Концентрация добавки, %	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3	3
Глубина проникания иглы, при 25°С, ед.	75	82	90	103	115	122	135	101	109
Глубина проникания иглы, при 0°С, ед.	21	22	23	28	30	34	38	25	27
Температура размягчения по КиШ, °С	49,0	48,6	48,2	47,6	46,4	45,4	44,0	46,2	47,0
Температура хрупкости	-18	-18	-19	-19	-20	-20	-21	-19	-20
Растяжимость битума при 0°С	4,0	6,1	8,5	26	51	80	111	25	41
Изменение массы образца после старения, %	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,22	0,20	0,28
Изменение температуры размягчения после старения, °С	4,2	4,0	4,0	3,8	3,8	3,4	3,6	4,0	4,4
Динамическая вязкость при 60С, Па*с и скорости сдвига 1,5 с ⁻¹	205	176	154	134	123	108	93	144	128

Так, результаты исследования пенетрации при 25°С и при 0°С (табл.1, рис.1) показывают, что пластификатор Унипласт-3 увеличивает этот показатель в 1,5 – 2 раза сильнее, чем пластификаторы на основе продуктов нефтепереработки при внесении в равном количестве. Добавление всего 1,5% Унипласт-3 увеличивает глубину проникания иглы при 25°С на 37,3%, а 2% Унипласт-3 – на 53,3%, в то время как 3% ЭСО дают увеличение этого показателя на 34,7%, а 3% ПН-6ш – на 45,3%.

Особое внимание стоит обратить на увеличение показателя глубины проникания при 0°С. Этот показатель повышается с ростом концентрации Унипласт-3 ещё более эффективно. Так, введение 1,5% Унипласт-3 увеличивает данный показатель на 33,3%, в то время как 3% ПН-6ш дают прирост пенетрации при 0°С на 28,6%, а ЭСО лишь на 19,0%. Это является важным преимуществом пластификатора Унипласт-3 и позволит значительно улучшить низкотемпературную устойчивость асфальтобетонного покрытия. К тому же, как показывает практика, именно этот показатель зачастую является проблематичным при подборе состава ПБВ.

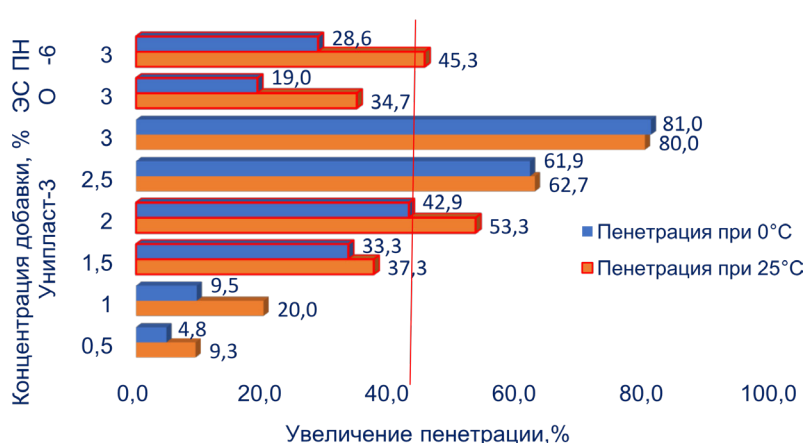


Рисунок 1 – Увеличение пенетрации битума БНД 70/100, модифицированного пластификаторами

Это является важным преимуществом пластификатора Унипласт-3 и позволит значительно улучшить низкотемпературную устойчивость асфальтобетонного покрытия. К тому же, как показывает практика, именно этот показатель зачастую является проблематичным при подборе состава ПБВ.

На рисунке 2 представлен график изменения растяжимости битума при 0°С в зависимости от концентрации Унипласт-3. Выявлено, что с ростом концентрации пластификатора растяжимость битума увеличивается, при этом при увеличении введения Унипласт-3 свыше 1,5% интенсивность увеличения растяжимости резко возрастает. Пластификаторы ЭСО и ПН-6ш также существенно повышают растяжимость битума при низких температурах. Таким образом, введение пластификаторов в битум, позволит существенно улучшить пластичность вяжущего в зимний период и повысить сроки эксплуатации дорожного покрытия. Следует отметить, что пластификатор Унипласт-3 обладает наибольшим эффектом увеличения растяжимости битума. Так введение 1,5% и 2% Унипласт-3 повышает данный показатель с 4,6 до 26 см и 50,7 см соответственно. При этом, введение 3% ПН-6ш увеличивает данный показатель до 41 см, а 3% ЭСО – до 25 см.

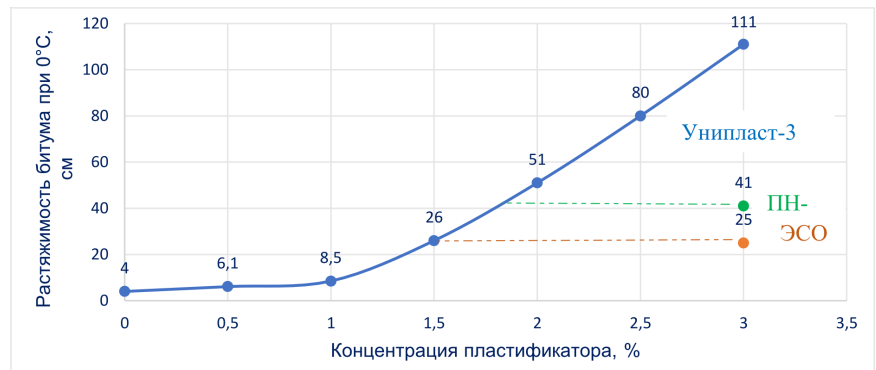


Рисунок 2 – Растяжимость битума БНД 70/100 при 0°С, модифицированного пластификаторами

Результаты анализа изменения динамической вязкости битума при 60С, Па*с и скорости сдвига 1,5 с-1, модифицированного исследуемыми пластификаторами (табл.1, рис. 3), свидетельствуют, что пластификатор Унипласт-3 обладает наибольшим разжижающим эффектом. Так, введение 3% ЭСО снижает вязкость битума на 29,7%, а 3% ПН-6ш на 37,6%. Сопоставимые показатели вязкости выявлены при введении 1,5% Унипласт-3 – снижение на 35,2%. При введении 3% Унипласт-3 динамическая вязкость снижается на 54,5%. Таким образом разжижающий эффект Унипласт-3 практически в 1,5 – 2 раза превышает эффект от введения традиционных пластификаторов на основе нефтепродуктов.

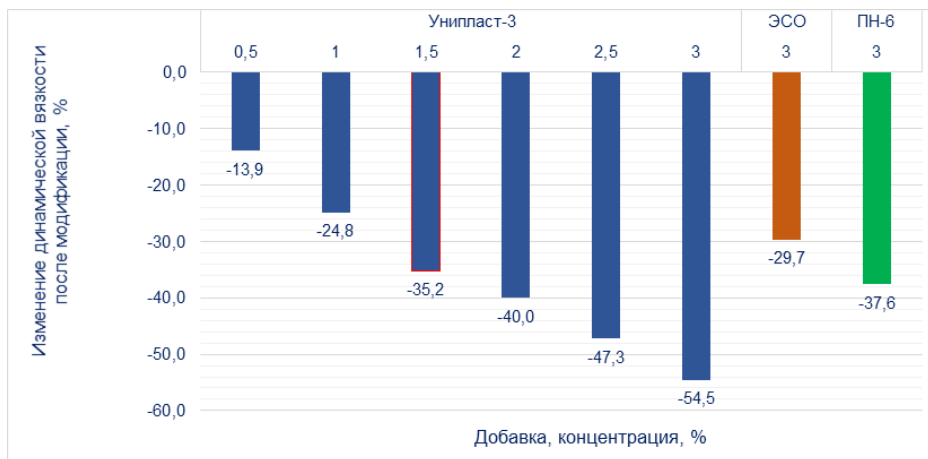


Рисунок 3 – Изменение динамической вязкости битума после добавления пластификатора

Изменение свойств битума под воздействием старения является основным фактором, определяющим разрушение покрытий в процессе эксплуатации автомобильной дороги. Поэтому важно учитывать и влияние вносимых пластификаторов на изменение интенсивности процесса старения. Согласно полученным результатам, представленным в таблице 1, при равной концентрации исследуемых пластификаторов (3%) наименьшее изменение массы после старения выявлено в образце, модифицированном ЭСО – 0,20%, наибольшее – у образца, модифицированного ПН-6ш – 0,28%, что связано с наличием в его составе большего количества летучих компонентов. Изменение массы битума с 3% Унипласт-3 после старения составило 0,22%. При этом величина данного показателя коррелирует с концентрацией пластификатора и при 1,5% Унипласт-3 составляет всего 0,19%.

В то же время изменения температуры размягчения при добавлении всех исследуемых пластификаторов изменилось не значительно и соответствует требованиям ГОСТ 33133. Наибольшее изменение при добавлении равного количества 3% пластификатора было выявлено при добавлении ПН-6ш – изменение на 4,4 °С, наименьшее у препарата Унипласт-3 – на 3,6°С, что говорит о том, что и после старения пластифицирующее действие Унипласт-3 сохраняется.

В таблице 2 представлены результаты исследования физико-химических свойств образцов полимерно-битумных вяжущих, полученных с использованием добавок Унипласт-3 и ПН-6ш.

Согласно полученным данным, при использовании пластификатора Унипласт-3 уже при введении 3% было получено полимерно-битумное вяжущее удовлетворяющее всем требованиям ГОСТ 52056. При использовании в качестве пластификатора ПН-6ш при вводе 3 и 4% - показатели глубины проникания иглы при 25 и 0°С не достигают величин, необходимых по нормативным требованиям. ПБВ соответствует требованиям ГОСТ Р 52056 только при концентрации 5% данного пластификатора. Таким образом, для приготовления ПБВ потребуются в 1,5 – 2,0 раза меньшая концентрация ввода, чем при использовании пластификаторов на основе продуктов нефтепереработки.

Таблица 2 – Физико-химические характеристики образцов ПБВ

Показатель	Требования по ГОСТ Р 52056 для ПБВ 60	Номер состава					
		1	2	3	4	5	6
		Наименование пластификатора					
		Унипласт-3			ПН-6ш		
		Содержание пластификатора, %					
		3	4	5	3	4	5
Глубина проникания иглы, при 25 °С, ед.	Не менее 60	77	90	101	62	66	72
Глубина проникания иглы, при 0 °С, ед.	Не менее 32	32	36	40	22	26	32
Растяжимость битума при 0°С, см	Не менее 25	73	83	97	55	64	74
Растяжимость битума при 0°С, см	Не менее 11	25	32	41	13	20	28
Температура размягчения по КиШ, °С	Не менее 54	66	64	61	67	66	65
Температура хрупкости, °С	Не выше -20	-23	-24	-25	-21	-22	-23
Эластичность при 25 °С, см	Не менее 80	89	89	90	87	87	89
Эластичность при 0 °С, см	Не менее 70	75	76	76	72	74	76
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С,	Не более 5	3	3	2	3	3	3

В таблице 3 представлены результаты исследования физико-химических показателей битума, модифицированного 2% добавки на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2 и битума, модифицированного одновременно добавками Вискодор ПВ-2 и Унипласт-3.

Таблица 3 – Физико-химические свойства битума с добавками Вискодор ПВ-2 и Унипласт-3

Состав	Образец, №				
	№ 1	№ 2	№ 3		
Исходный битум БНД 70/100, %	100	98	95,5		
Вискодор ПВ-2, %	0	2,0	2,0		
Унипласт – 3, %	0	0	2,5		
Показатель	Требования по ГОСТ 33133 для БНД 70/100	Требования по ГОСТ Р52056 для ПБВ 60	Фактические показатели		
Температура размягчения по КиШ, °С	Не менее 47	Не менее 54	49	65	59
Глубина проникания иглы, при 25 °С, ед.	71-100	Не менее 60	75	64	81
Глубина проникания иглы, при 0 °С, ед.	Не менее 21	Не менее 32	21	22	32
Растяжимость битума при 0°С, см	Не менее 3,7	Не менее 11	4,0	3,1	13,4
Температура хрупкости, °С	Не выше -18	Не выше - 20	-18	-19	-23
Интервал пластичности, °С	Не норм.	Не норм.	67	84	82

Полученные результаты позволяют утверждать, что при модификации битума только препаратом Вискодор ПВ-2 значительно увеличивается интервал пластичности битума (с 67 до 84 °С) за счет увеличения температуры размягчения (до 65°С) и некоторого снижения температуры хрупкости битума, но при этом такие показатели пластичности битума, как пенетрация битума при 25 °С и растяжимость битума при 0 °С снижаются ниже нормативных требований. Совместное применение Унипласт-3 и Вискодор ПВ-2 позволяет получить улучшенное модифицированное вяжущее, по таким своим характеристикам как температура размягчения по КиШ, пенетрация при 0 и 25°С, растяжимость и хрупкость, соответствующее требованиям ГОСТ Р52056 на ПБВ-60, хоть и не обладающее эластичностью. Использование такого вяжущего в составе асфальтобетона позволит улучшить как устойчивость дорожного покрытия к колееобразованию, так и устойчивость покрытия к воздействию низких температур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным результатам, добавка Унипласт-3 на основе растительного сырья оказывает значительное пластифицирующее действие на битум. Влияние Унипласт-3 на такие показатели как глубина проникания иглы, растяжимость и динамическая вязкость, значительно превосходит эффект, получаемый при использовании пластификаторов на основе продуктов нефтепереработки. Так, при использовании Унипласт-3 потребуется концентрация в 1,5 - 2 раза меньшее, чем продуктов нефтепереработки для получения аналогичного эффекта.

Исследованное в работе совместное применение Унипласт-3 с модификатором на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2 позволило получить улучшенное битумное вяжущее, обладающее увеличенным интервалом пластичности, применение которого будет способствовать повышению устойчивости асфальтобетона к воздействию перепадов температур и пластическим деформациям и увеличит срок эксплуатации дорожного покрытия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высоцкая М. А., Кузнецов Д. А., Литовченко Д. П. Пластификатор при производстве полимерно-битумных вяжущих - как необходимость // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, № 5, 2019. - С. 16-22.
2. Литовченко Д. П., Ширяев А. О., Курлыкина А. В. Влияние двухфазной системы «полимер - пластификатор» на показатели свойств ПБВ 90 // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: Сборник докладов Национальной конференции с международным участием, Том Часть 9, 2022. - С. 178-184.
3. Загородняя А. В. Современная и перспективная технология использования пластификаторов для литых асфальтобетонных смесей // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, № 4(126), 2017. - С. 21-23.
4. Описание Унипласт-3: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.npfselena.ru/additions/bitumen-softener-for-the-production-of-pbv/plastifikator-uniplast-3-dlja-proizvodstva/>.
5. Адоньева А. А., Ефремов И. А., Покатаев А. С. Методика оценки агрегатного состояния после промораживания пластификаторов для полимерно-битумных вяжущих // Инженерно-строительный вестник Прикаспия, № 1(39), 2022. -- С. 41-47.