



ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АМРТ

К.К. Мухамбеткалиев^{1,2}, А.Е. Айкенова¹, М.К. Смагулова^{1,2*}, М.Б. Жумамуратов¹

¹АО «КаздорНИИ», г. Астана, Республика Казахстан

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан

*Корреспондент автор: mariya_98.kz@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования физико-механических свойств асфальтобетонных и полимерасфальтобетонных смесей, проведенного с использованием установки динамического нагружения (АМРТ). Целью работы являлось определение динамического модуля упругости и числа текучести, являющихся ключевыми параметрами при проектировании конструктивных слоёв дорожных одежд. В рамках исследования были подобраны составы мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б и смеси типа SP-16 с применением полимерных добавок Butonal и SBS LG501S. Проведены испытания в широком температурном диапазоне и при различных частотах нагружения. Полученные результаты показали, что использование полимерных добавок значительно повышает значения модуля упругости и числа текучести по сравнению с обычными асфальтобетонными смесями, что свидетельствует о повышенной деформационной устойчивости и долговечности материалов. Полученные данные могут быть использованы при обосновании нормативных значений модулей упругости в национальных стандартах Республики Казахстан и при проектировании современных дорожных покрытий.

Ключевые слова: асфальтобетон, полимерасфальтобетон, модуль упругости, число текучести, установка АМРТ, динамическое нагружение, дорожные покрытия, полимерные добавки.

Введение

Являясь крупнейшим в мире государством, не имеющим выхода к открытым морям, и важным сухопутным звеном Великого Шелкового Пути [1], Казахстан всецело зависит от развитости транспортно-логистического комплекса, который обеспечивает инфраструктурные связи между регионами республики и формирует основу транзитно-транспортного потенциала [2].

В настоящее время на территории Республики Казахстан разрабатываются нормативные документы в соответствии с требованиями ГОСТ Р по определению эксплуатационных свойств как битумных вяжущих, так и асфальтобетонной смеси [2]. Одним из таких проектов является СТ РК «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Методы определения динамического модуля упругости и числа текучести с использованием установки динамического нагружения (АМРТ)», который распространяется на смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон и устанавливает методы определения динамического модуля упругости и числа текучести асфальтобетона на образцах: с номинальным максимальным размером заполнителя не более 40 мм круглые сита (31,5 мм квадратные сита) с использованием установки динамического нагружения

(АМРТ). Расчетные значения модулей упругости асфальтобетонов, используемые при проектировании конструкций дорожных одежд [4], являются одними из важнейших расчетных параметров, на основании которых осуществляется определение напряжений в слоях дорожной одежды и толщин конструктивных слоев.

Методология

Для обеспечения надежности и эффективности дорожных покрытий необходимо проводить исследования и определение их физико-механических свойств. Одним из важных параметров, которые определяются, являются динамический модуль упругости и число текучести. Динамический модуль упругости характеризует способность материала асфальтобетона восстанавливать свою форму после деформации под действием нагрузки. Число текучести отражает способность асфальтобетона деформироваться без разрушения при длительных нагрузках [5].

Для определения динамического модуля упругости и числа текучести асфальтобетона используется методика испытаний с использованием установки динамического нагружения (АМРТ).

Данный метод исследования распространяется на смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон и устанавливает методы определения динамического модуля упругости и числа текучести асфальтобетона на образцах: с номинальным максимальным размером заполнителя не более 40 мм круглые сита (31,5 мм квадратные сита) с использованием установки динамического нагружения (АМРТ).

Для определения динамического модуля упругости и числа текучести асфальтобетона были проведены следующие виды испытания:

- испытание исходных материалов согласно требованиям СТ РК 1225 и ГОСТ Р 58401.1;
- подбор состава асфальтобетона тип Б и SP-16;
- определение динамического модуля упругости на оборудовании АМРТ;
- определение числа текучести на оборудовании АМРТ.

1.1 Испытание исходных дорожно-строительных материалов и органического вяжущего на соответствие требованиям нормативно- технической документации

Для испытания были подобраны составы смесей горячего мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б по СТ РК 1225 и смесь типа SP-16 согласно ГОСТ Р 58401.1 с применением модифицирующих добавок и без них. При приготовлении смесей использовались следующие исходные материалы:

- щебень из гравия фракции 15-20 мм (карьер ТОО «Озентас»);
- щебень из гравия фракции 10-15 мм (карьер ТОО «Озентас»);
- щебень из гравия фракции 5-10 мм (карьер ТОО «Озентас»);
- песок из отсевов дробления 0-5мм, (карьер ТОО «Озентас»);
- минеральный порошок активированный МП-1 (ТОО «Жартас-СН»);
- битум марки БНД 70/100 производства ТОО «ПНХЗ»;
- полимерная добавка «Butonal», ТОО «UnedUs Group»;
- полимерная добавка «SBS LG501S», ТОО «Юсиджи».

Результаты испытаний дорожно-строительных материалов представлены в таблицах 1-5.

Таблица 1 – Физико-механические свойства щебня из гравия

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты		
		Фр. 15-20 мм	Фр. 10-15 мм	Фр. 5-10 мм
Дробимость - потеря массы, % - марка	не более 10 1000	6,0 1000	7,7 1000	9,5 1000
Истираемость - потеря массы, % - марка	не более 25 И 1	16 И 1	20 И 1	22 И 1
Морозостойкость - потеря массы, % - марка	не более 10 при 10 циклах F 50	5,7 F 50	5,6 F 50	6,2 F 50
Содержание игловидных, лещадных зерен, %	св. 10 до 15 группа 2	13 2	11 2	12 2
Водопоглощение, %	не норм.	0,4	0,6	0,8
Сцепление с битумом	удовл.	плохое	плохое	плохое

Таблица 2 – Зерновой состав и набухание песка из отсева дробления

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты
Размер сит, мм:		Полные остатки на ситах, %
5,0	не нормируется	95,4
2,5		61,7
1,25		46,3
0,63		32,4
0,315		25,2
0,16		14,7
0,071		9,6
Содержание глинистых частиц, определяемое методом набухания, %	не более 0,5	0,37

Таблица 3 – Физико-механические свойства активированного минерального порошка ТОО «Жартас СН»

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты
Зерновой состав, % по массе - мельче 1,25 мм - мельче 0,315 мм - мельче 0,071 мм	не менее 100 не менее 90 не менее 80	100,0 96,4 82,1
Пористость, % по объему	не более 28,0	25,0
Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом, %	не более 1,5	1,2
Показатель битумоемкости, г на 100 см ³	не более 50,0	34,0
Влажность, %	не более 0,5	0,3

Таблица 4 – Физико-механические свойства исходного битума марки БНД 100/130

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты
Глубина проникания иглы, при температуре 25 °С, не ниже, мм	101-130	114
Температура размягчения по кольцу и шару, не ниже, °С	45	46
Растяжимость при температуре 25 °С, не менее, см	70	>150
Температура хрупкости по Фраасу, не выше, °С	-20	-27

Устойчивость к старению после прогрева при 163 °С		
- изменение массы, не более, %	0,7	-0,05
- изменение температуры размягчения, не более, °С	7,0	5,0

Таблица 5 – Физико-механические свойства битума БНД 100/130 модифицированного «Butonal» и «SBS LG501S»

Наименование показателей	Единица измерения	Норма по НД БМП 70/100 I / II	Фактические результаты	
			«Butonal», 3,5%	«SBS LG501S» 4,0%
Глубина проникания иглы, при температуре 25 °С	×0,1 мм	71-100	92	78
Температура размягчения по кольцу и шару, не ниже	°С	60/58	58	74
Растяжимость при температуре 25 °С, не менее:	см	25/28	>150	48
Эластичность при температуре 25 °С, не менее	%	60	84	98
Температура хрупкости по Фраасу, не выше	°С	-18/-20	-29	-26
Устойчивость к старению под воздействием высокой температуры и воздуха:	°С	6	1	5
	°С	5	-	-
- увеличение КиШ, не более				
- падение КиШ, не более				
- растяжимость при 25 °С, не менее	см	не норм.	7,0	43
- эластичность при температуре 25° С, не менее	%	50	79	93
Однородность		однородно	однородно	однородно

1.2 Подбор состава асфальтобетонов

Кривая гранулометрического состава подобранных смесей представлены на рисунках 1 и 2.

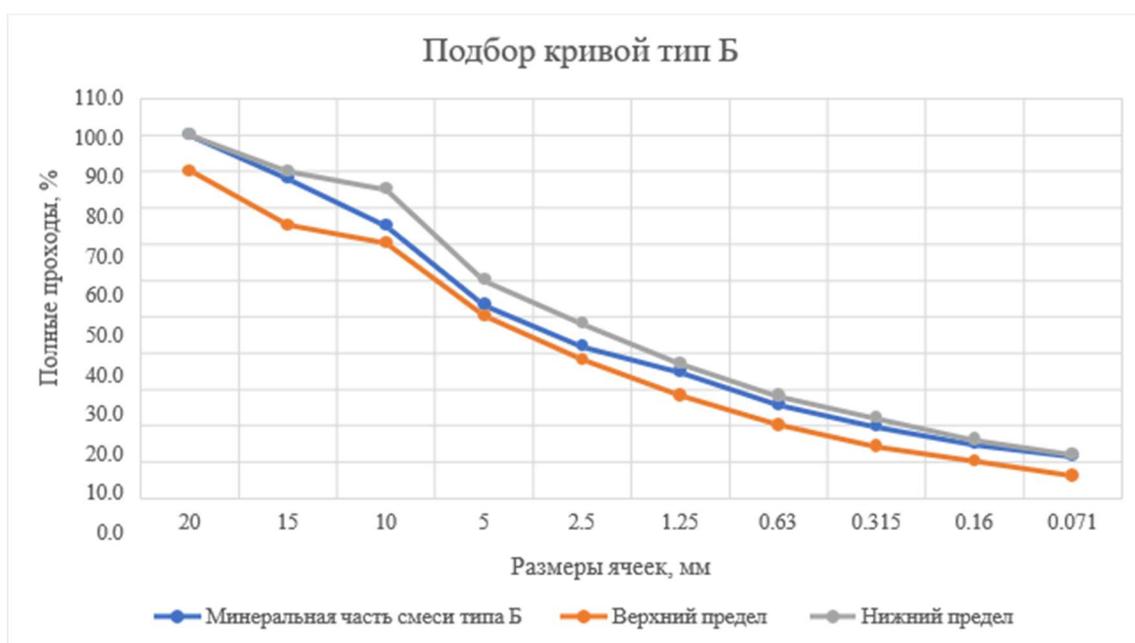


Рисунок 1 - Гранулометрический состав выбранного асфальтобетона тип Б

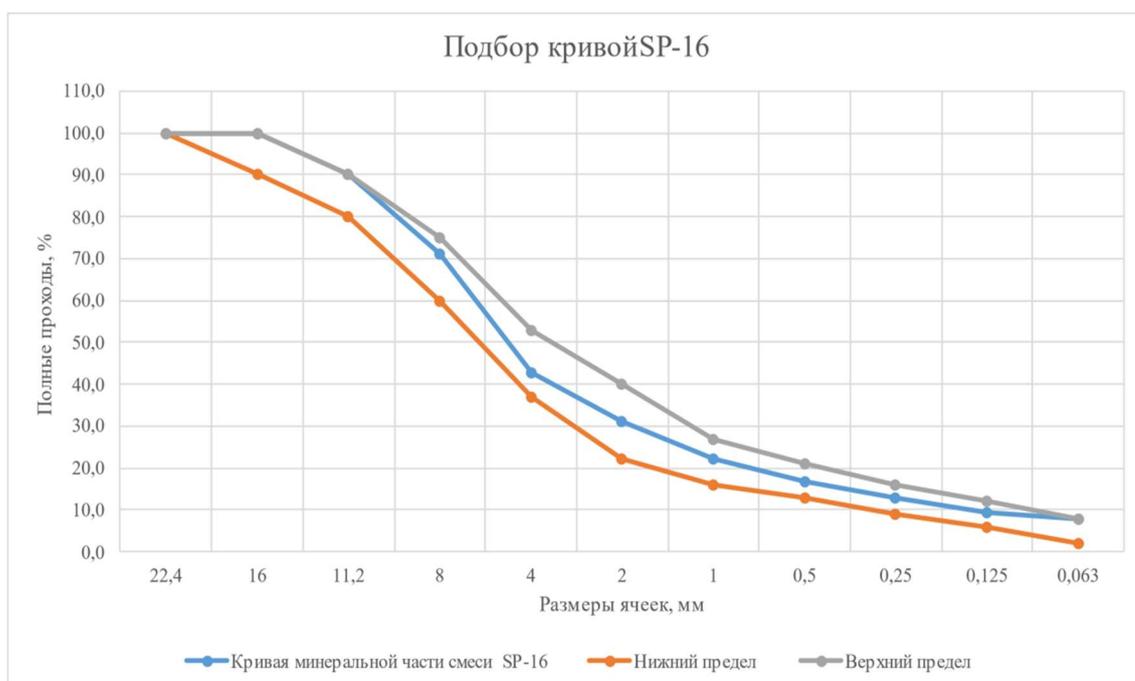


Рисунок 2 - Гранулометрический состав подобранного асфальтобетона тип SP-16

Согласно рисункам 1 и 2, для приготовления смесей приняты следующие составы минеральной части, которые приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Составы минеральной части асфальтобетонных смесей

Мелкозернистый плотный асфальтобетон типа Б		Асфальтобетон типа SP-16	
Компоненты	Содержание, %	Компоненты	Содержание, %
Щебень фр. 15-20 мм	12	Щебень фр. 11,2-16 мм	10
Щебень фр. 10-15 мм	13	Щебень фр. 8-11,2 мм	19
Щебень фр. 5-10 мм	20	Щебень фр. 4-8 мм	25
Песок из отсевов дробления фр. 0-5 мм	48	Песок из отсевов дробления фр. 0-4 мм	40
Минеральный порошок	7	Минеральный порошок	6

Выбор рационального содержания битума в смеси производилось по показателям водонасыщения, остаточной пористости и предела прочности при сжатии при 50 °С. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7- Физико-механические показатели асфальтобетона тип Б и SP-16

Показатели	А/б тип Б				А/б тип SP-16			
	Содержание битума, % (от массы смеси)			Требования СТ РК 1225	Содержание битума, % (от массы смеси)			Требования ГОСТ Р 58401.1
	4,6	4,8	5,0		4,9	5,1	5,3	
Водонасыщение, % по объему	3,8	2,4	1,3	1,5-4,0	1,3	0,9	0,7	не норм.
Прочность на сжатие при 50 °С	1,5	1,4	1,2	>1,3	1,6	1,4	1,1	не норм.
Остаточная пористость, %	5,3	3,8	2,5	2,5-5,0	4,6	3,9	3,1	4±0,3

Согласно результатам испытания, для мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б рациональное содержание битума составляет 4,8%, для смеси типа SP-16 – 5,1%. Были заформованы образцы асфальтобетонов с рациональным содержанием битума и определены физико-механические свойства. Результаты приведены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Физико-механические показатели асфальтобетона тип Б согласно требованиям СТ РК 1225

Наименование показателей	Норма по СТ РК 1225	Фактические результаты
Остаточная пористость, %	от 2,5 до 5,0	3,8
Водонасыщение, % по объему	от 1,5 до 4,0	2,4
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, МПа	не менее 2,5	3,5
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не менее 1,3	1,4
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С, МПа	не более 13	6,0
Водостойкость, %	не менее 0,85	0,93
Сдвигоустойчивость по: коэффициенту внутреннего трения;	не менее 0,83	0,92
по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,38	0,38
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	не менее 3,5 не более 6,5	3,7
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,75	0,82

Таблица 9 – Физико-механические показатели асфальтобетона тип SP-16 согласно требованиям ГОСТ Р 58401.1

Наименование показателей	Норма по ГОСТ Р 58401.1	Фактические результаты
Остаточная пористость, %	4±0,3	3,9
Водонасыщение, % по объему	не норм.	0,9
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, МПа	не норм.	3,3
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не норм.	1,4
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С, МПа	не норм.	4,9
Коэффициент водостойкости	не менее 0,80	0,88
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	не норм.	3,9
Отношение пыль/вяжущее	0,8-1,6	1,52

Подобранные составы асфальтобетона по физико-механическим свойствам соответствуют требованиям СТ РК 1225 и ГОСТ Р 58401.1.

С подобранной минеральной частью смесей были изготовлены образцы с применением полимерных добавок «Butonal» и «SBS LG501S». Количество вводимой полимерной

добавки определялось по показателям физико- механических свойств асфальтобетонов, приготовленных на их основе. Подбор содержания полимерных добавок приведены в таблицах 10-13.

Таблица 10 – Физико-механические показатели полимерасфальтобетона тип Б с применением полимера «Butonal»

Наименование показателей	Норма по СТ РК 1223	Фактические результаты		
		«Butonal», % от массы смеси		
		2,5	3,0	3,5
Остаточная пористость, %	от 2,5 до 5,0	4,3	3,5	3,1
Водонасыщение, % по объему	от 1,5 до 3,5	3,7	2,5	1,9
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не менее 1,8	1,5	1,7	1,9
Сдвигоустойчивость по: коэффициенту внутреннего трения; по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,85	0,87	0,87	0,89
	не менее 0,45	0,46	0,49	0,51
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	не менее 4,0 не более 6,0	3,9	4,1	4,2
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,8	0,83	0,87	0,91

Таблица 11 - Физико-механические показатели полимерасфальтобетона тип Б с применением полимера «SBS LG501S»

Наименование показателей	Норма по СТ РК 1223	Фактические результаты		
		«SBS LG501S», % от массы битума		
		3,5	4,0	4,5
Остаточная пористость, %	от 2,5 до 5,0	3,9	3,5	3,3
Водонасыщение, % по объему	от 1,5 до 3,5	2,4	1,6	1,1
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не менее 1,8	1,6	1,9	2,3
Сдвигоустойчивость по: коэффициенту внутреннего трения; по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,85	0,87	0,88	0,90
	не менее 0,45	0,48	0,51	0,55
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	не менее 4,0 не более 6,0	4,5	5,2	6,1
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,8	0,85	0,88	0,88

Таблица 12 - Физико-механические показатели полимерасфальтобетона тип SP-16 с применением полимера «Butonal»

Наименование показателей	Норма по ГОСТ Р 58401.1	Фактические результаты		
		«Butonal», % от массы смеси		
		2,5	3,0	3,5
Остаточная пористость, %	4±0,3	4,1	3,9	3,7
Коэффициент водостойкости	не менее 0,80	0,75	0,79	0,84
Отношение пыль/вяжущее	0,8-1,6	1,4		

Таблица 13 - Физико-механические показатели полимерасфальтобетона тип SP-16 с применением полимера «SBS LG501S»

Наименование показателей	Норма по ГОСТ Р 58401.1	Фактические результаты		
		«SBS LG501S», % от массы битума		
		3,5	4,0	4,5
Остаточная пористость, %	4±0,3	3,6	3,9	4,2
Коэффициент водостойкости	не менее 0,80	0,77	0,81	0,83
Отношение пыль/вяжущее	0,8-1,6	1,5		

По результатам испытания (таблица 9-12), оптимальное содержание полимерных добавок для смесей составляет: «Butonal» – 3,0 % и «SBS LG501S» - 6,0 % от массы битума.

1.2 Определение динамического модуля упругости

Для определения динамического модуля упругости изготовлены образцы высотой 150 мм и диаметром 100 мм на вращательном уплотнителе (гиратор), по три образца из каждого исследуемого состава. Температуры испытания были в диапазоне от +5 °С до +50 °С, частота приложения нагрузки 0,1; 5,0 и 10 Гц.

Термостатирование образцов происходило в климатической камере, встроенного в испытательной установке, способной обеспечивать поддержание температуры с точностью ±0,1 °С.

Образцы термостатировались от 1,5 до 3 часов, в зависимости от испытываемой температуры.

Расчет динамического модуля упругости проводится автоматически программным обеспечением испытательного оборудования. На рисунке 3 приведен внешний вид испытательного оборудования АМРТ.

**Рисунок 3 – Испытательное оборудование АМРТ**

Результаты определения динамического модуля упругости асфальтобетонов и полимерасфальтобетонов приведены в таблицах 14-16.

Таблица 14 – Модуль упругости асфальтобетонов при частоте 0,1 Гц

Вид асфальтобетонов	Модуль упругости, МПа, при температуре испытаний °С					
	+ 5	+10	+20	+30	+ 40	+ 50
Мелкозернистый плотный а/б типа Б	6841	5061	3805	2347	1320	652

А/б тип SP-16	6792	5101	3866	2500	1179	705
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «Butonal»	8002	6058	4017	2750	1483	806
А/б тип SP-16 с полимером «Butonal»	8255	6101	4079	3003	1642	841
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «SBS LG501S»	8700	6900	4358	3514	2001	1036
А/б тип SP-16 с полимером «SBS LG501S»	8301	6912	4105	3500	2087	1199

Таблица 15 – Модуль упругости асфальтобетонов при частоте 5,0 Гц

Вид асфальтобетонов	Модуль упругости, МПа, при температуре испытаний °С					
	+ 5	+10	+20	+30	+ 40	+ 50
Мелкозернистый плотный а/б типа Б	6223	4909	3562	2403	1110	597
А/б тип SP-16	6382	4782	3458	2217	1209	610
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «Butonal»	7824	5999	4088	2863	1303	750
А/б тип SP-16 с полимером «Butonal»	7965	6200	3981	2932	1500	807
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «SBS LG501S»	8841	6792	4425	3202	1875	1063
А/б тип SP-16 с полимером «SBS LG501S»	8597	7003	4608	3098	1899	979

Таблица 16 – Модуль упругости асфальтобетонов при частоте 10 Гц

Вид асфальтобетонов	Модуль упругости, МПа, при температуре испытаний °С					
	+ 5	+10	+20	+30	+ 40	+ 50
Мелкозернистый плотный а/б типа Б	6377	4445	3212	2306	1099	503
А/б тип SP-16	6477	4306	3099	2359	1186	550
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «Butonal»	8069	5763	4267	3009	1299	808
А/б тип SP-16 с полимером «Butonal»	8100	5833	4150	3204	1352	769
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «SBS LG501S»	8509	6401	4402	3341	1666	963
А/б тип SP-16 с полимером «SBS LG501S»	8863	6199	4700	3167	1749	881

По результатам приведенных в таблицах 13-15 можно сказать, что динамический модуль упругости полимерасфальтобетонов выше, чем обычных асфальтобетонов. Результаты динамического модуля упругости мелкозернистого асфальтобетона тип Б и асфальтобетона тип SP-16 между собой сопоставимы.

1.4 Определение числа текучести

Число текучести образцов определены при температуре +60 °С при постоянной частоте ($f = 10$ Гц) нагружения. Изготовленные образцы помещают в климатическую камеру, закрепляют датчики деформации по краям и термостатируют образец в течение 240 минут. Затем начинают нагружать образец с постоянной частотой. Установка автоматический фиксирует число текучести при достижении образцом постоянной деформации. Результаты испытания приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты числа текучести асфальтобетонов и полимерасфальтобетонов

Вид асфальтобетонов	Число текучести, циклы
	Температура +60 °С, $f = 10$ Гц
Мелкозернистый плотный а/б типа Б	1263
А/б тип SP-16	1488
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «Butonal»	2365
А/б тип SP-16 с полимером «Butonal»	2518
Мелкозернистый плотный а/б типа Б с полимером «SBS LG501S»	3679
А/б тип SP-16 с полимером «SBS LG501S»	3555

Согласно полученным результатам, приведенных в таблице 16, при температуре 60 °С и при частоте 10 Гц число текучести полимерасфальтобетонов выше на 2-3 раза, чем у асфальтобетонов без полимеров.

Результаты и Обсуждение

Результаты определения динамического модуля упругости в широком диапазоне температур (+5 °С – +50 °С) и частот (0,1; 5,0 и 10 Гц) показали устойчивую тенденцию увеличения жесткости асфальтобетона при добавлении полимеров. Особенно высокие значения модуля упругости зафиксированы у образцов с добавкой SBS LG501S, что свидетельствует о повышенной способности этих смесей сопротивляться деформациям под нагрузкой.

Результаты испытаний числа текучести при температуре +60 °С также подтвердили преимущества полимерасфальтобетонов. Число текучести у модифицированных образцов в 2–3 раза выше, чем у немодифицированных, что говорит о повышенной деформационной устойчивости материала при длительном воздействии нагрузки.

Сравнение асфальтобетонов типа Б и SP-16 показало, что их эксплуатационные характеристики находятся на сопоставимом уровне, что позволяет использовать оба типа смесей при проектировании конструктивных слоев дорожных одежд, в зависимости от проектных условий и требований.

Таким образом, внедрение полимерных добавок в состав асфальтобетонных смесей может стать одним из эффективных путей повышения долговечности и надежности дорожных покрытий в условиях климатических колебаний и интенсивных транспортных нагрузок.

В ходе экспериментального исследования была проведена оценка эксплуатационных характеристик асфальтобетонных и полимерасфальтобетонных смесей с применением установки динамического нагружения (АМРТ). Полученные данные позволили сделать следующие научно обоснованные выводы:

Заклучение

Введение полимерных добавок «Butonal» и «SBS LG501S» в состав асфальтобетонных смесей существенно улучшает их физико-механические свойства, в том числе динамический модуль упругости и число текучести. В частности, при использовании полимеров наблюдается значительное увеличение модуля упругости по сравнению с немодифицированными смесями, особенно в интервале температур от +20 °С до +50 °С. Кроме того, увеличение числа текучести более чем в два раза по сравнению с обычными смесями демонстрирует высокую устойчивость к ползучести и способность сохранять форму под длительным воздействием нагрузки. Особенно эффективным оказался модификатор SBS LG501S, обеспечивший наивысшие значения обоих параметров. Эти результаты свидетельствуют о перспективности применения полимерных добавок для повышения долговечности и эксплуатационной надежности дорожных покрытий. Температурная устойчивость полимерасфальтобетонных смесей значительно превышает аналогичные показатели традиционных асфальтобетонов. При испытаниях в диапазоне температур от +5 °С до +50 °С модифицированные смеси сохраняли более высокие значения модуля упругости, что свидетельствует о меньшей чувствительности к температурным изменениям. Особенно устойчивыми к снижению жесткости при повышении температуры оказались смеси с добавкой SBS LG501S, демонстрируя превосходное поведение как при низких, так и при высоких температурах. Это позволяет использовать данные смеси в климатических зонах с выраженной сезонной амплитудой температур и высоким трафиком. Повышенные значения числа текучести полимерасфальтобетонных смесей, полученные при испытаниях на установке АМРТ при температуре +60 °С и частоте 10 Гц, указывают на их высокую устойчивость к пластическим деформациям. Значения данного параметра для полимерасфальтобетонов оказались в 2–3 раза выше по сравнению с обычными асфальтобетонами, что свидетельствует о меньшей склонности к образованию колеи и разрушений в условиях длительных и повторяющихся нагрузок. Наивысшие показатели устойчивости к текучести получены для смеси с добавкой SBS LG501S, что делает её предпочтительной для применения в верхних слоях дорожных одежд, подверженных интенсивному трафику и температурным воздействиям.

Проведённые испытания подтвердили сопоставимость эксплуатационных характеристик асфальтобетона типа Б и смеси типа SP-16. Оба типа демонстрируют устойчивые физико-механические свойства как в обычном, так и в модифицированном виде, что свидетельствует о возможности их взаимозаменяемости при проектировании дорожных покрытий в зависимости от доступности сырья и конструктивных требований. Использование установки динамического нагружения (АМРТ) доказало свою эффективность как инструмента для комплексной оценки эксплуатационных свойств асфальтобетонных материалов. Методика позволяет с высокой точностью определить значения модуля упругости и числа текучести при различных температурных и частотных режимах, что обеспечивает надёжную оценку поведения материала в условиях эксплуатации. Полученные результаты могут быть использованы в целях актуализации нормативной базы Республики Казахстан. В частности, значения модуля упругости и числа текучести, определённые по методике АМРТ, могут служить обоснованной основой для установления нормативных требований к современным дорожным покрытиям, что будет способствовать повышению долговечности и качества автомобильных дорог.

Исследование подтвердило эффективность полимерных добавок в повышении эксплуатационных свойств асфальтобетонных смесей, а также важность применения метода АМРТ для их комплексной оценки. Полученные данные имеют практическую значимость и могут быть использованы при проектировании дорожных одежд, выборе материалов и разработке нормативно-технической документации. Для дальнейшего совершенствования технологии рекомендуется расширить номенклатуру полимерных

добавок и исследовать поведение модифицированных смесей в реальных условиях эксплуатации, с учётом климатических, нагрузочных и конструктивных факторов.

Список литературы

1. Дюсикеева А. К. Внешнеполитические аспекты реализации транспортной политики казахстана. – 2023.
2. Исабеков А. Р. Совершенствование торговых возможностей республики казахстан с учётом транспортного потенциала. – 2023.
3. Бусел А. В. и др. Инновации в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса. – 2017.
4. Кравченко С. Е. и др. Дорожное строительство и его инженерное обеспечение. – 2021.
5. Веюков Е. В. и др. Проектирование дорожных одежд с учетом процессов старения асфальтобетон //Инновации и инвестиции. – 2022. – №. 4. – С. 191-195.
6. Оденбах И. А., Таурит Е. Б. Управление работой автомобильных дорог: учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 08.03. 01 и 08.04. 01 Строительство. – 2021.

Сведения об авторах:

Кайрат Мухамбеткалиев – к.т.н., Ғылыми зерттеу және дамыту орталығының меңгерушісі, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Кайрат Мухамбеткалиев – к.т.н., Руководитель Научного центра развития и инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Kairat Mukhambetkaliyev – PhD, Head of the Research and Development Center, Research and Development Center, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Айкенова Асемгуль Есеновна – магистр технических наук, директор департамента ценообразования и сметных норм АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, a.aikenova@qazjolgzi.kz

Айкенова Асемгуль Есеновна – техника ғылымдарының магистрі, «ҚаздорҒЗИ» АҚ Баға және сметалық стандарттар департаментінің директоры, Астана, Қазақстан, a.aikenova@qazjolgzi.kz

Assemgul Aikenova – Master of Technical Sciences, Director of the Department of Pricing and Estimated Standards of JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, a.aikenova@qazjolgzi.kz

Смагулова Мария Кусаиновна – техника ғылымдарының магистрі, Жас ғылыми қызметкер, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, smagulovamariya98@gmail.com

Смагулова Мария Кусаиновна – магистр технических наук, младший научный сотрудник Научного центра исследований и разработок, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, smagulovamariya98@gmail.com

Mariya Smagulova – Master of Technical Sciences, Junior Researcher, Research and Development Center of KazdorNII JSC, Astana, Kazakhstan, smagulovamariya98@gmail.com

Манарбек Жумамуратов – техника ғылымдарының магистрі, Жас ғылыми қызметкер, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Манарбек Жумамуратов – магистр технических наук, младший научный сотрудник Научного центра исследований и разработок, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Manarbek Zhumamuratov – Master of Technical Sciences, Junior Researcher, Research and Development Center, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Вклад авторов:

Кайрат Мухамбеткалиев: концепция исследования, методология, ресурсы, сбор данных, испытания, моделирование, анализ.

Асемгуль Айкенова: визуализация, интерпретация, редактирование

Мария Смагулова: сбор данных, испытания, анализ

Манарбек Жумамуратов: визуализация, редактирование, анализ

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

АМРТ ӘДІСІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП АСФАЛЬТБЕТОН ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

К.К. Мухамбеткалиев^{1,2}, А.Е. Айкенова¹, М.К. Смагулова^{1,2*}, М.Б. Жумамуратов¹

¹«ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы

*Корреспондент автор: mariya_98.kz@mail.ru

Аннотация. Мақалада динамикалық жүктеу қондырғысы (АМРТ) қолданылған асфальтбетон және полимерасфальтбетон қоспаларының физика-механикалық қасиеттерін эксперименттік зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің мақсаты – жол киімдерінің құрылымдық қабаттарын жобалау кезінде негізгі параметрлер болып табылатын динамикалық серпімділік модулі мен ағу санын анықтау. Зерттеу аясында Butonal және SBS LG501S полимерлік қоспалары қолданылған тип В ұсақ түйіршікті тығыз асфальтбетон және SP-16 типті қоспалардың құрамдары таңдалып алынды. Сынақтар кең температуралық ауқымда және әртүрлі жүктеу жиіліктерінде жүргізілді. Алынған нәтижелер көрсеткендей, полимерлік қоспаларды қолдану қарапайым асфальтбетон қоспаларымен салыстырғанда серпімділік модулі мен ағу санының мәндерін айтарлықтай арттырады, бұл материалдардың деформацияға төзімділігі мен ұзақ қызмет ету мерзімінің жоғары екенін көрсетеді. Алынған деректер Қазақстан Республикасының ұлттық стандарттарында серпімділік модульдерінің нормативтік мәндерін негіздеуде және заманауи жол жабындарын жобалау кезінде пайдалануға болады.

Түйінді сөздер: асфальтбетон, полимерасфальтбетон, серпімділік модулі, ағу саны, АМРТ қондырғысы, динамикалық жүктеу, жол жабындары, полимерлік қоспалар.

STUDY OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES USING THE AMPT METHOD

К.К. Mukhambetkaliyev^{1,2}, А.Е. Aikenova¹, М.К. Smagulova^{1,2*}, М.Б. Zhumamuratov¹

¹JSC "KazdorNII", Astana, Republic of Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author: mariya_98.kz@mail.ru

Abstract. This article presents the results of an experimental study on the physical and mechanical properties of asphalt concrete and polymer-modified asphalt concrete mixtures using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT). The aim of the work was to determine the dynamic modulus and flow number, which are key parameters in the structural design of pavement layers. Within the study, the compositions of fine-grained dense asphalt concrete of type B and SP-16 type mixtures with the addition of polymer modifiers Butonal and SBS LG501S were selected. Tests were carried out over a wide temperature range and at various loading frequencies. The results showed that the use of polymer additives significantly increases both the dynamic modulus and flow number compared to conventional asphalt mixtures, indicating enhanced deformation resistance and durability of the materials. The obtained data can be used to justify standard values of elasticity moduli in the national standards of the Republic of Kazakhstan and in the design of modern road pavements.

Keywords: asphalt concrete, polymer-modified asphalt concrete, dynamic modulus, flow number, AMPT device, dynamic loading, road pavements, polymer additives.

