

**С.К. Илиополов**  
**И.В. Мардиросова**

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ КАТИОННЫЙ АДГЕЗИВ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Одной из важнейших проблем, влияющих на качество асфальтобетонных покрытий и особенно на долговечность, была и остается проблема качества битумов. Выпускаемые нефтеперерабатывающими заводами вязкие дорожные битумы имеют невысокую устойчивость при повышенных и низких температурах, отличаются неудовлетворительной адгезией к минеральным материалам как основных, так и особенно кислых пород. Следствием этого становится низкая водо- и морозостойкость, выкрашивание (вырывание) зерен каменных материалов, образование выбоин, разрушение асфальтобетонных покрытий. Гарантировать хорошее сцепление с минеральным материалом и прилипнуть к нему вяжущее наиболее полно может только с помощью специальных адгезионных добавок или активаторов - ПАВ (поверхностно-активных веществ) [1,2]. Этому вопросу в ДорТрансНИИ в последние годы уделяется особое внимание. В качестве адгезионной присадки лабораторией ДСМ университета предложено новое соединение аминов - ПАВ катионного типа КАДЭМ-ВТ. КАДЭМ-ВТ - Катионный Адгезив - Эмульгатор - Высокотемпературный выпускается согласно ТУ 2482-009-04706205-03. Проведенные исследования показали, что при равномерном распределении в процессе перемешивания добавки КАДЭМ-ВТ в битумном вяжущем, создаются особые условия повышения прилипаемости вяжущего к минеральным материалам, особенно кислых пород, а также замедления процессов старения.

КАДЭМ-ВТ является реагентом аминного характера, которым свойственно при повышенных температурах (120-160<sup>0</sup>С), т.е. при эксплуатационных температурах приготовления и использования дорожных битумов и асфальтобетонных смесей, подвергаться процессам разложения [3,4]. Поэтому особый интерес представляет такой показатель адгезионной добавки как термическая

стабильность, характеризующий время сохранения состава и свойств реагента.

Реагент КАДЭМ-ВТ представляет собой смесь алкиламидополиаминов и алкилимидазолинполиаминов в различных соотношениях в зависимости от параметров синтеза. Алкиламидополиамины с конверсией не ниже 96% образуются в интервале температур 155<sup>0</sup> - 170<sup>0</sup>С. Алкилимидазолинполиамины с приемлемой скоростью образуются в интервале температур 170<sup>0</sup> - 250<sup>0</sup>С без разложения и образования побочных продуктов. Помимо высокой температуры, процесс ведут при больших временных выдержках, что обуславливает термическую стабильность КАДЭМ до температур 155<sup>0</sup> - 250<sup>0</sup>С.

Исследование термической стабильности КАДЭМ-ВТ в ДорТрансНИИ РГСУ проведены путем нагревания его в пенетрационных чашках, слоем 17,5 мм в интервале температур 160-180<sup>0</sup>С и выдерживания при этой температуре в течение 5 часов. Было исследовано 10 промышленных образцов (см. табл.1).

При этом потери во всех случаях не превышали 2-5% от первоначальной массы (табл. 1). Степень адгезии битума с образованием КАДЭМ-ВТ после нагревания не изменилась по сравнению с образцами до нагревания для всех десяти образцов. С целью производственного же внедрения были рекомендованы пробы КАДЭМ-ВТ И-200, И-225\*, О-250, О-200 с потерей массы, не превышающей 3% при температуре 180<sup>0</sup>С.

**Таблица 1** - Потери массы КАДЭМ-ВТ при различных температурах

№	Наименование пробы	Время испытания, ч	Потери массы КАДЭМ-ВТ при температуре, °С		
			160	170	180
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	И-200	5	1,7	2,0	2,9
2	И-225	5	3,9	3,9	5,0
3	И-200*	5	1,9	2,9	3,5
4	ИТМ 175	5	4,2	4,7	4,9
5	И-225*)	5	1,5	2,0	2,8
6	И-150(ЦМ)	5	4,9	5,0	5,01

1	2	3	4	5	6
7	О-250	5	0,8	1,1	1,5
8	И-150(ЦБ)	5	3,2	5,7	4,7
9	О-200	5	1,0	1,3	1,6
10	И-220	5	2,3	2,7	3,0

Термическая стабильность добавки КАДЭМ-ВТ была подтверждена при опытно-производственном внедрении разработанной добавки на целом ряде производственных организаций: ООО КДСМ (г.Ростов-на-Дону), подрядных организациях «Севкавуправтодора», ООО «ДРСУ» (г.Ростов-на-Дону), «Астраханьспецстрой» и др.

Значительный интерес представляло проведение исследований по изучению сцепления дорожных битумов, модифицированных добавкой КАДЭМ-ВТ и выдержанных длительное время при повышенных температурах. В этих целях исходные битумы марок БНД 40/60 и БНД 60/90 модифицированные адгезионной добавкой нагревались в металлических стаканах диаметром 73 мм при температурах 120<sup>0</sup>С - 48 часов, при 140 , 160<sup>0</sup>С - 28 часов, при 180<sup>0</sup>С - 12-18 часов, после чего определялось сцепление с гранитным щебнем. Результаты испытаний приведены в табл.2, из которых следует, что битум марки БНД 40/60 после выдерживания в течение 6 часов при температуре 140<sup>0</sup>С имел плохое сцепление с гранитным щебнем - 2 балла по 5-ти балльной системе. Этот же битум, модифицированный добавкой КАДЭМ-ВТ в количестве 0,5% мас. показал сцепление 5 баллов после нагревания в течение 48 часов при температуре 120<sup>0</sup>С, а при 140 и 160<sup>0</sup>С в течение 28 часов. При 180<sup>0</sup>С оценка сцепления в 5 баллов сохранилась только в течение 6 часов, дальнейшее же увеличение этого времени (до 12-18 часов) снизило сцепление до 4 баллов (табл.2).

Битум БНД 60/90 первоначально и в течение выдерживания по 18 часов при температурах 140<sup>0</sup>С и 180<sup>0</sup>С имел плохое сцепление (2 балла). Модифицирование этого битума добавкой КАДЭМ-ВТ (0,5% мас.) позволило получить сцепление вяжущего с кислой породой с оценкой 5 баллов, с сохранением этого показателя при температуре 120<sup>0</sup>С в течение 48 часов, при 140<sup>0</sup>С 28 часов, при 160<sup>0</sup>С - 18 часов. После нагревания при этой температуре в течение 28 часов оценка оставалась довольно высокой 4+ баллов.

При 180<sup>0</sup>С оценка сцепления модифицированного вяжущего после 6 часов нагревания составляла 5 баллов, после 12 часов - снизилась до 4 баллов.

Более продолжительное нахождение битума с добавкой КАДЭМ-ВТ при 180<sup>0</sup>С снижает адгезионные свойства вяжущего и уже после 12 часов оценка сцепления снижается до 4 баллов.

**Таблица 2** - Показатель сцепления битумов, модифицированных добавкой КАДЭМ-ВТ с гранитным щебнем при длительном нагревании в зависимости от температуры

№	Наименование вяжущего	Проведение термообработки		Температура битума, при которой зерна щебня погружались в битум на 15 сек, <sup>0</sup> С	Оценка результатов адгезии по ГОСТ 12801-98 в баллах (пятибалльная система)
		Температура, <sup>0</sup> С	Время, час		
<b>Битум БНД 40/60</b>					
<b>1</b>	<b>Битум БНД 40/60</b>	<b>140</b>	<b>6</b>	<b>140</b>	<b>2</b>
		<b>180</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	<b>3</b>
		<b>180</b>	<b>18</b>	<b>180</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Битум с добавкой КАДЭМ-ВТ (0,5% мас.)</b>	<b>120</b>	<b>6</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>120</b>	<b>18</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>120</b>	<b>28</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>120</b>	<b>48</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>тоже</b>	<b>140</b>	<b>6</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>140</b>	<b>18</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>140</b>	<b>28</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>тоже</b>	<b>160</b>	<b>6</b>	<b>160</b>	<b>5</b>
		<b>160</b>	<b>18</b>	<b>160</b>	<b>5</b>
		<b>160</b>	<b>28</b>	<b>160</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>тоже</b>	<b>180</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>5</b>
		<b>180</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	<b>5</b>
		<b>180</b>	<b>12</b>	<b>180</b>	<b>4</b>
		<b>180</b>	<b>18</b>	<b>180</b>	<b>4-</b>

№	Наименование вяжущего	Проведение термообработки		Температура битума, при которой зерна щебня погружались в битум на 15 сек, °С	Оценка результатов адгезии по ГОСТ 12801-98 в баллах (пятибалльная система)
		Температура, °С	Время, час		
<b>Битум БНД 60/90</b>					
<b>1</b>	<b>Битум БНД 60/90</b>	<b>140</b>	<b>6</b>	<b>140</b>	<b>2</b>
		<b>180</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	<b>2+</b>
		<b>180</b>	<b>18</b>	<b>180</b>	<b>2+</b>
<b>2</b>	<b>Битум с добавкой КАДЭМ-ВТ (0,5% мас.)</b>	<b>120</b>	<b>6</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>120</b>	<b>18</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>120</b>	<b>28</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>120</b>	<b>48</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>тоже</b>	<b>140</b>	<b>6</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>140</b>	<b>18</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
		<b>140</b>	<b>28</b>	<b>140</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>тоже</b>	<b>160</b>	<b>6</b>	<b>160</b>	<b>5</b>
		<b>160</b>	<b>18</b>	<b>160</b>	<b>5</b>
		<b>160</b>	<b>28</b>	<b>160</b>	<b>4+</b>
<b>5</b>	<b>тоже</b>	<b>180</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>5</b>
		<b>180</b>	<b>6</b>	<b>180</b>	<b>5</b>
		<b>180</b>	<b>12</b>	<b>180</b>	<b>4</b>

Введение катионного реагента КАДЭМ-ВТ в количестве до 0,5% в битумное вяжущее марок БНД 40/60 и БНД60/90 обеспечивает «отличное» их сцепление с материалом кислой породы - гранитным щебнем при температурах до 120<sup>0</sup>С в течение 48 часов, до 160<sup>0</sup>С - 28 часов, при 180<sup>0</sup>С - это время составляет 6 часов (табл.2).

Выдерживание добавки КАДЭМ-ВТ при отрицательной температуре (-20<sup>0</sup>) в течение 30 суток показало, что она почти не потеряла своих адгезионных свойств. Внешних изменений, таких как расслоение и т.п., после размораживания в добавке

не наблюдалось. Битум БНД 60/90 модифицированный этим реагентом (0,5%) показал сцепление в 4 балла.

Введение небольших количеств (0,3-0,5%) КАДЭМ-ВТ, в целом, значительно повышая адгезионные свойства вяжущего, практически не изменяет основные физико-механические показатели вязких битумов (см. табл.3). Наблюдается незначительное уменьшение пенетрации и растяжимости вяжущего, что, по-видимому, можно объяснить некоторым полимерно-структурирующим характером используемой добавки, а также большой реакционной способностью аминогрупп, которая может способствовать образованию химических связей азота с высокомолекулярными радикалами асфальтенов битума, укрупнению молекул, увеличению размеров частиц дисперсной фазы в битуме, понижая его пенетрацию. При большем же содержании адгезива 0,5-1,0% вязкость битума начинает несколько понижаться, увеличивается Дуктильность. Однако, следует отметить, что эти изменения незначительны и, как правило, не изменяют марку битума, значительно повышая адгезионные свойства вяжущего. Во всех случаях отмечено понижение температуры хрупкости вяжущего на 2-4<sup>0</sup>С [5,6].

Из представленных в табл. 3 данных следует, что введение в битум адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ значительно снижает процессы старения вяжущего. Выдерживание битума марки БНД 40/60 с присадкой при температуре 160<sup>0</sup>С в течение 5 часов слоем 3,2 мм повышает температуру размягчения вяжущего всего на 1,5 - 4,0<sup>0</sup>С, в то время как у исходного битума этот показатель составляет 6<sup>0</sup>С. У битумов марки БНД 60/90 температура размягчения при таких условиях повышается не более 1,0 - 3,5<sup>0</sup>С, у исходных битумов она изменяется на 4,5<sup>0</sup>С.

На основании проведенных исследований по изучению влияния адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ на свойства вязких битумов БНД 60/90 и БНД 40/60 можно утверждать о целесообразности ее использования для приготовления битумов с повышенными реологическими и адгезионными свойствами для строительства асфальтобетонных покрытий.

Наиболее оптимальным составом модифицированного вяжущего с КАДЭМ-ВТ следует, видимо, считать, как следует из экспериментальных исследований, вяжущее содержащее 0,4 - 0,5%

добавки (табл.3). Эти составы обладают повышенным сцеплением с минеральными материалами кислых пород, пониженным показателем старения вяжущего (изменение температуры размягчения после прогрева не превышает 1,0 - 3,0<sup>0</sup>С) и пониженной на 2 - 3<sup>0</sup>С температурой хрупкости.

Опытно-производственные работы, проведенные в целом ряде дорожных организаций Краснодарского и Ставропольского краев, Ростовской, Курской, Астраханской и других областей показали, что пробы битумов с добавкой КАДЭМ-ВТ, взятые из рабочих котлов, цистерн и т.п. показали сцепление с минеральными материалами кислых и основных пород с оценкой «отлично». Изменение температуры размягчения после прогрева на 1-2<sup>0</sup>С у модифицированных битумов ниже, чем у исходных. В ДорТрансНИИ были подобраны и изучены составы асфальтобетонных смесей на основе битумов БНД 40/60 и БНД 60/90 с использованием минеральных материалов кислых пород и адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ.

Исследование свойств асфальтобетона в зависимости от количественного содержания добавки КАДЭМ-ВТ проводили на образцах приготовленного в лабораторных условиях асфальтобетона (типа Б).

Из представленных в табл. 4 и на рис. 1-4 следует, что асфальтобетонные смеси, приготовленные с участием минерального материала кислых пород (гранитного щебня) и битумов (БНД 40/60 или БНД 60/90), модифицированных адгезионной добавкой КАДЭМ-ВТ отличаются несколько пониженным водонасыщением и повышенным коэффициентом водостойкости. Так, у битумов БНД 40/60 водонасыщение смесей уменьшается от 2,52% (смесь без добавки) до 2,17% (смесь с добавкой) (табл. 4). При применении битума БНД 60/90 эти изменения еще более значительны, водонасыщение соответственно изменяется от 2,86 до 2,21 (табл. 4). Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении при использовании битума БНД 40/60 повышается от значений 0,78 до 0,90, а при участии битума БНД 60/90 от 0,66 до 0,82.

**Таблица 3** - Зависимость физико-механических показателей вязких битумов от содержания адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ

Содержание КАДЭМ-ВТ	Физико-механические показатели битумов							
	Пенетрация, 0,1мм, при		Растяжимость при 25 <sup>0</sup> С, см	Температура, <sup>0</sup> С:		Изменение температуры размягчения после прогрева, <sup>0</sup> С	Сцепление с минеральными материалами и кислотных пород	Интервал пластичности, <sup>0</sup> С
	25 <sup>0</sup> С	0 <sup>0</sup> С		размягчения	хрупкости			
<b>Битум БНД 40/60</b>								
0	50	13	60	51,0	-15,0	6,0	2+	66,0
0,2	46	14	56	52,0	-16,0	2,0	3	68,0
0,4	42	14	52	52,0	-17,0	1,5	5-	69,0
0,5	41	14	53	52,0	-18,0	1,5	5	70,0
0,6	44	14	57	52,0	-18,0	2,0	5	70,0
0,8	50	17	64	52,0	-18,0	4,0	5	70,0
1,0	52	18	68	51,0	-19,0	4,0	5	70,0
<b>Битум БНД 60/90</b>								
0	86	21	96	47,0	-19,0	4,5	2	65,0
0,2	84	22	94	48,0	-20,0	3,5	5-	68,0
0,4	82	22	92	48,0	-21,0	3,5	5-	69,0
0,5	82	23	89	48,0	-22,0	3,0	5	70,0
0,6	82	23	89	48,0	-22,0	3,0	5	70,0
0,8	83	23	91	47,0	-22,0	3,0	5	69,0
1,0	86	24	93	47,0	-23,0	3,0	5	70,0

Асфальтобетонные смеси, приготовленные с использованием КАДЭМ-ВТ отличаются несколько более высокой плотностью и показателями прочности, чем без адгезива (табл.4, рис. 1-4).

Адгезионная добавка КАДЭМ-ВТ может быть введена в битум на битумных базах или асфальтобетонных заводах, на предприятиях изготавливающих и поставляющих битумы дорожно-строительным организациям (нефтеперерабатывающие заводы).

Перед введением в битум добавку КАДЭМ-ВТ разогревают до 50-70<sup>0</sup>С и вводят для лучшего перемешивания с вяжущим во внутренний слой битума.

Для равномерного распределения КАДЭМ-ВТ в битуме рекомендуется применять принудительное перемешивание с помощью механических мешалок любого типа или интенсивной



циркуляцией вяжущего в циркуляционном контуре. Также могут быть использованы существующие установки для приготовления полимерно-битумных вяжущих.

При перемешивании КАДЭМ-ВТ с битумом по циркуляционной схеме: битумный котел - насос - битумный котел, необходим двух или трехкратный обмен битума (может быть и более 3-х) в емкости. Добавка КАДЭМ-ВТ поступает потребителю в металлических бочках вместимостью 200-250 дм<sup>3</sup>. Разогрев КАДЭМ-ВТ в бочках можно проводить в термоскафах, обогревать паром или ТЭНами и другими методами, избегая разогрева открытым пламенем. После длительного хранения при низких температурах и разогрева содержимое бочек рекомендуется перемешивать, ввиду возможных колебаний в них вязкостных характеристик продукта.

Оптимальное количество КАДЭМ-ВТ в битуме при приготовлении асфальтобетонных смесей устанавливается по двум показателям: как минимально необходимое содержание его для получения сцепления не ниже контрольного образца №2 по ГОСТ 11508-74 (метод А) битума с отсевом дробления используемого минерального материала фракции 2,5 - 5мм и по ГОСТ 12801 - 98 с горячим щебнем, с оценкой не ниже «хорошо» (4 балла), а также обеспечение всех стандартных физико-механических показателей и, в частности, показателя длительной водостойкости, регламентированных ГОСТ 9128 - 97 для асфальтобетонов I марки в данном регионе.

Проведенные исследования и опытно-производственные работы по внедрению разработанных модифицированных добавкой КАДЭМ-ВТ асфальтобетонных смесей позволяют ориентировочно считать, что использование подобных смесей увеличат срок службы автомобильной дороги в 1,5 - 2 раза.

**Таблица 4** - Физико-механические показатели плотных асфальтобетонных смесей (на кислых породах) с использованием битумов БНД 40/60 и БНД 60/90 и адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ

№	Наименование показателей	Требования ГОСТ		без добавок	с КАДЭМ-ВТ
		<b>Битум БНД 40/60</b>			
1	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Не нормируется		2,37	2,39
2	Водонасыщение, % по объёму	От 1,5 до 4,0		2,52	2,17
3	Предел прочности при сжатии, МПа,	при 20 °С	Не менее 2,5	4,74	5,17
		при 50 °С	Не менее 1,3	1,97	2,20
4	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	Не менее 0,85		0,89	0,96
		Не менее 0,75		0,78	0,90
5	Коэффициент теплостойкости	Не нормируется		2,41	2,35
6	Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	От 4,0 до 6,5		4,0	5,5
<b>Битум БНД 60/90</b>					
1	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Не нормируется		2,36	2,37
2	Водонасыщение, % по объёму	От 1,5 до 4,0		2,86	2,21
3	Предел прочности при сжатии, МПа,	при 20 °С	Не менее 2,5	4,46	4,71
		при 50 °С	Не менее 1,3	1,41	1,86
4	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	Не менее 0,85		0,90	0,95
		Не менее 0,75		0,66	0,82
5	Коэффициент теплостойкости	Не нормируется		3,47	2,67
6	Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	От 4,0 до 6,5		3,9	4,8

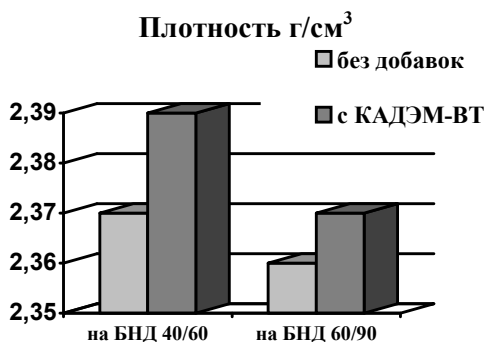


Рисунок 1 - Влияние вводимой добавки КАДЭМ-ВТ на плотность асфальтобетона

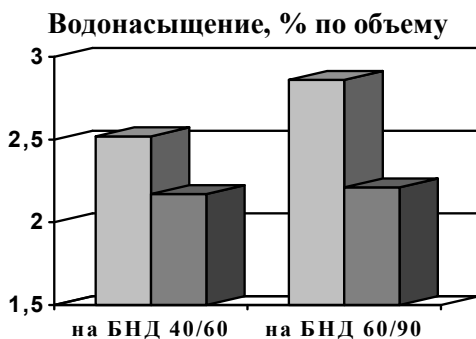


Рисунок 2 - Влияние вводимой добавки КАДЭМ-ВТ на водонасыщение асфальтобетона

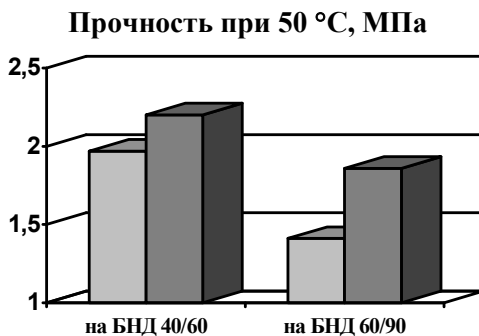


Рисунок 3 - Влияние вводимой добавки КАДЭМ-ВТ на прочность асфальтобетона при 50<sup>0</sup>С

## Коэффициент водостойкости

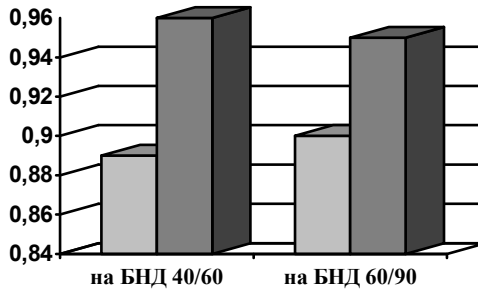


Рисунок 4 - Влияние вводимой добавки КАДЭМ-ВТ на коэффициент водостойкости асфальтобетона

## Выводы

1. Использование адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ в составе битумного вяжущего обеспечивает высокое сцепление вяжущего с минеральными материалами и замедляет процессы его старения в органоминеральных смесях предназначенных для строительства и ремонта автомобильных дорог.

2. Введение небольших количеств (0,3-0,5%) КАДЭМ-ВТ, значительно повышая адгезионные свойства вяжущего, практически не изменяет физико-механические показатели битумов: пенетрацию, температуру размягчения, растяжимость.

3. Использование адгезионной добавки КАДЭМ-ВТ в составе асфальтобетонных смесей позволяет повысить коэффициент водостойкости смесей при длительном водонасыщении на 15-20%.

4. Показана целесообразность использования ПАВ КАДЭМ-ВТ для приготовления битумов с повышенными реологическими и адгезионными свойствами для строительства асфальтобетонных покрытий.

## Литература

1. **Кучма М.И.** Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве.-М.:-Транспорт, 1980.-191 с.
2. **Руководство** по применению поверхностно-активных веществ при устройстве асфальтобетонных покрытий (взамен ВСН 59-68). М.:-Росавтодор, 2003, с. 45.
3. **Крыжановская Г.Б., Челухина Г.А.** О термостойкости адгезионной битумной присадки БП-3.-М.:-автомобильные дороги, 1980, № 3. С. 27.
4. **Соломенцев А.В., Круть В.В., Маляр В.В., Золотарев В.А.** Адгезионные свойства и когезионная прочность дорожного битума с ПАВ класса имидазолинов// "Наука и техника в дорожной отрасли" 1999, № 1. С. 21-23.
5. **Мардирсова И.В., Бедусенко А.А., Фокин Д.И.** Исследование катионных битумных эмульсий на основе отечественных эмульгаторов//Тез. Докладов межд.науч.-тех. конф. "Строительство-2000" Ростов-на-Дону, 2000 - с. 109-110.
6. **Илиополов С.К., Панькин С.В., Бедусенко А.А.** Исследование зависимости кинетической устойчивости битумных эмульсий от природы и концентрации ПАВ-эмульгаторов //МНПК "Строительство-2003" Ростов-на-Дону, 2003 - с. 3-5.