

ГРАНУЛИРОВАННОЕ СЕРОБИТУМНОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ С ДОБАВКАМИ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Калдасов А. К.
ТОО «АПК Огнеупор, Астана, Казахстан
kaldassov@mail.ru

Айдархан Р. Е.

АННОТАЦИЯ

Исследования по модификации технической серы с химически активными минеральными добавками показали, что они снижают образование оксидов серы при нагреве до 150°C и улучшают свойства асфальтобетонных смесей. Используя битум Павлодарского НПЗ и техническую серу с различных ГПЗ, были разработаны составы гранулированного связующего для дорожных и аэродромных покрытий. Введение модифицированной серы и минеральных порошков в асфальтобетонную смесь позволило сократить расход битума до 30% и улучшить его физико-механические свойства. Рекомендуется использование гранулированного серобитумного связующего для асфальтобетонных смесей в разных климатических условиях, с определением технологических параметров для различных марок смеси.

АҢДАТПА

Химиялық белсенді минералды қоспалары бар техникалық күкіртті модификациялау бойынша зерттеулер олардың күкірт оксидтерінің түзілуін 150°C дейін төмендететінін және асфальтбетон қоспаларының қасиеттерін жақсартатынын көрсетті. Павлодар МӨЗ битумын және әртүрлі ГӨЗ-дегі техникалық күкіртті пайдалана отырып, жол және әуеайлақ жабындары үшін түйіршіктелген байланыстырғыштың құрамы әзірленді. Асфальтбетон қоспасына модификацияланған Күкірт пен минералды ұнтақтарды енгізу битум шығынын 30%-ға дейін азайтуға және оның физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік берді. Қоспаның әртүрлі маркалары үшін технологиялық параметрлерді анықтай отырып, әртүрлі климаттық жағдайларда асфальтбетон қоспалары үшін түйіршікті серобитум тұтқыр затты пайдалану ұсынылады.

ANNOTATION

Studies on the modification of technical sulfur with chemically active mineral additives have shown that they reduce the formation of sulfur oxides when heated to 150 °C and improve the properties of asphalt concrete mixtures. Using bitumen from the Pavlodar refinery and technical sulfur from various gas processing plants, granulated binder compositions for road and airfield coatings were developed. The introduction of modified sulfur and mineral powders into the asphalt concrete mixture made it possible to reduce bitumen consumption by up to 30% and improve its physical and mechanical properties. It is recommended to use granular bitumen binder for asphalt concrete mixtures in different climatic conditions, with the determination of technological parameters for different grades of the mixture.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

асфальтобетон, серобитумное вяжущее, модифицированная техническая сера, битум, дорожное покрытие, технологические параметры.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в ряде зарубежных стран успешно используется сера в качестве добавки к нефтяным дорожным битумам. Добавка серы позволяет снизить расход битума, повысить производительность асфальтобетонных смесителей и уплотняющих механизмов, уменьшить расход условного топлива на 1 т на 1 км, повысить срок службы асфальтобетонных покрытий.

Идея применения гранулированного серобитумного связующего в процессах приготовления

асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве имела практику на стадиях разработок, но как таковой не получила распространения из-за специфичности поведения серы в термических процессах производства асфальтобетонных смесей. При температурах более 140°C окислительная реакция серы с кислородом с выделением сернистых газов сводило на нет безопасность труда. Впервые метод модифицирования битума серой получил своё промышленное использование в прошлом веке. Для

улучшения физико-механических характеристик асфальтобетона весьма эффективно использование серы. Известно, что при температурах приготовления асфальтобетона до 20% серы хорошо диспергируется в битуме. При введении более 20% серы от массы битума избыточная часть серы, не прореагировавшая с битумом, заполняет пустоты между зёрнами заполнителя, образуя самостоятельную структуру в среде вяжущего, и действует по механизму активного, армирующего и колыматирующего наполнителя. Введение серы выполняет двойную роль в структуре асфальтобетона: повышает его прочность и улучшает сцепление вяжущего с поверхностью минерального заполнителя. Сераасфальтобетонные смеси характеризуются благоприятными эксплуатационными свойствами при воздействии пониженных и повышенных температур. Они стойки к воздействию бензина и дизельного топлива, агрессивных сред, попеременному замораживанию и оттаиванию, отличаются пониженной истираемостью, теплостойкостью и сдвигоустойчивостью [17].

Необходимо отметить, что крупнейшим производителем серы считается Казахстан, суммарно вырабатывается более 8 млн тонн в год после очистки нефти и газа.

В связи с этим вновь возник интерес к использованию серы в дорожном строительстве, так как добавление серы в битум позволяет не только увеличить общее количество дорожного вяжущего, но и повысить его качество [7]. Этот интерес, с одной стороны, обусловлен комплексным снижением себестоимости производственных затрат при строительстве дорожных и аэродромных асфальтобетонных покрытий, а с другой, что существенно важно, является следствием поиска путей использования физико-химических свойств серы с целью повышения физико-технических свойств покрытий из асфальто-бетонных смесей и отчасти решения проблемы утилизации серы и тонкодисперсных отходов энергетической и металлургической промышленности. Но главной задачей исследований являлась разработка технологии производства гранулированного связующего способного полностью заменить использование нефтяных дорожных битумов по традиционной принятой технологии. Ставилась задача, решение которой в корне меняет сам процесс приготовления асфальтобетонных смесей, а именно из общих технологических процессов снимается необходимость приема в ж.д.цистернах или автогудронаторах самого битума, хранения в закромах с подогревом и сам процесс подачи разогретого битума в смеситель для производства асфальтобетонных смесей.

Специфика серы, как материала для дорожного строительства состоит в том, что она дешевле

нефтяного дорожного битума в два раза и может выполнять несколько функций: использоваться в качестве самостоятельного вяжущего при производстве асфальтобетонных смесей и серобетонов, а также как упрочняющий компонент асфальтобетонных смесей в сочетании с битумом.

Проведенный анализ литературных и патентных источников [1-15] показал актуальность проблемы исследования влияния серы на структурообразование и реологические свойства битума и приготовленного на нем асфальтобетона с учетом свойств покрытия с повышенной деформативностью при отрицательных температурах и повышенной устойчивостью против возникновения колеи при повышенных летних температурах.

Проведенные исследования технической серы, на которую получены санитарно-эпидемиологическое и гигиеническое заключения [6]. Исследования влияния серы в составе гранулированного серобитумного вяжущего (САБД) на свойства асфальтобетона проводили на наиболее распространенном в дорожном строительстве мелкозернистом горячем асфальтобетоне типа Б марки 1 для IV и V климатических зон с плотной структурой для верхнего слоя дорожного покрытия.

В данной работе необходимо было решить следующие научные задачи:

- изучить возможность получения гранулированного серобитумного вяжущего на основе - технической серы, а также отходов энергетической и металлургической промышленности;
 - разработать и исследовать составы асфальтобетонных смесей на основе гранулированного серобитумного связующего с минеральными добавками с частичной заменой битума технической серой;
 - выбрать оптимальные составы и дать предложения по технологии приготовления асфальто-бетонных смесей на основе гранулированного серобитумного связующего с минеральными добавками и укладки его в дорожное и аэродромное покрытие.
- Выпуск сероасфальтобетона на основе местного сырья и отходов промышленности должен способствовать решению таких важных проблем, как:
- удовлетворить потребности региона в дорожно-строительном материале;
 - снизить себестоимость производства асфальтобетонных смесей;
 - снизить технологические затраты при строительстве дорожного и аэродромного покрытия верхнего строения автодорог и аэродромов;
 - снизить эксплуатационные затраты за счет повышения качества и долговечности дорожных и аэродромных покрытий;
 - улучшить экологическую обстановку за счет утилизации отходов.

МЕТОДОЛОГИЯ

В статье исследуется использование технической серы из различных нефтеочистительных комплексов вместе с битумом марки БНД 90/130. Для создания асфальтобетонной смеси использовали щебень фракции 5-20 мм, песок фракции 0-5 мм и минеральный порошок фракции 0-0,1 мм. Нанопорошок из металлургических отходов также добавлялся для улучшения плотности смеси и сцепления минеральных зерен. Применялись методы химического и температурного модифицирования серы, а также использование химически активных отходов для улучшения свойств серного вяжущего.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе изучалась техническая сера – отход нефтеочистительных комплексов Тенгизского, Кашаганского, Жанажольского ГПЗ, Павлодарского НХЗ. В качестве вяжущего применялся битум марки БНД 90/130 Павлодарского нефтеперерабатывающего завода.

Минеральную смесь для асфальтобетона готовили из щебня фр.5-20 и из песка отсева фр.0-5 «Волгодоновского» карьера. В качестве минерального порошка применяли – минпорошок компании «Tutas» фракции 0-0,1 мм. Нанопорошок химически активная добавка из отходов металлургических заводов фракции 0-0,1 микрон. Основное назначение минпорошка и нанопорошка сводится к заполнению межзерновых пустот между щебнем и песком, т.е. к обеспечению надлежащей плотности асфальтобетона. Также микронанопорошки являются структурной составляющей асфальтобетона, образующей совместно с битумом «асфальтовяжущее вещество», сцепляющее минеральные зерна. В работе [6] изложены способы модификации серы. Как показали исследования, проводимые автором этой работы, улучшение свойств серного вяжущего можно достичь методами химического и температурного модифицирования. Здесь же показано, что введение в качестве модификатора химически активных отходов металлургического производства наноразмерных фракций приводит к переводу части серы в аморфносвязанное состояние.

Таблица 1 – Инертные заполнители для асфальтобетонной смеси

Смешение разных фракций заполнителя											
Испытательная дорожно-строительная лаборатория	Горячая плотная мелкозернистая а/бетонная смесь тип Б марка 1					Щебень фр.5-20 "Волгодоновка" Отсев фр.0-5 "Волгодоновка" Минеральный порошок "Tutas" Битум ПНХЗ					
Подбор состава минеральной части асфальтобетонной смеси											
p	Размер заполнителя, мм	Исходные данные (полный проход), сито, мм									
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
	Щебень фр. 5-20 мм	86,60	45,90	19,90	2,20	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
	Отсев фр. 0-5 мм	100,00	100,00	100,00	96,50	68,60	54,10	35,80	23,50	15,00	7,70
	Минеральный порошок	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,70	97,70	85,30
Совокупный гранулометрический состав											
	Щебень фр. 5-20 мм, %	40,0	34,6	18,4	8,0	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Отсев фр. 0-5 мм, %	55,0	55,0	55,0	55,0	53,1	37,7	29,8	19,7	12,9	8,3
	Минеральный порошок, %	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,3
	Битум БНД100/130, сверх100	5,4									
	Вес 1 куб м, кг	2420,00						18,5			
	Сумма, %	105,4	94,6	78,4	68,0	59,0	43,3	35,3	43,8	18,4	13,7
	Технические условия СТ РК 1225-2019	Средняя точка	95	82,5	77,5	55	43	32,5	24	18	13
		Пределы	90-100	75-90	70-85	50-60	38-48	28-37	20-28	14-22	10-16
	Замечания:	БНД 100/130 -5,3 %									
		Дата: 10.12.2023г									

Таблица 1.1 – Химический состав нанопорошка, фракции 0 – 0,1 микрон

Химический состав, % массы								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	NaO	KO	Cl	п.п.п.
>85	9,04	2,58	0,80	0,96	0,20	0,30	0,86	25,2

Таблица 1.2 – Химический состав минерального микропорошка, фракции 0 – 0,1 мм

Химический состав, % массы								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	NaO	KO	Cl	п.п.п.
>56	29,04	5,08	5,80	1,86	0,80	0,76	0,66	10,2

Сероасфальтобетон проектируется так же, как и обычные асфальтобетонные смеси, применяются стандартные методы проектирования.

В основе проектирования асфальтобетонной смеси (АБС) лежит принцип сохранения постоянства объема вяжущего, т.е. независимо от количества серы общий суммарный объем САБД должен быть равен объему нефтяного битума без добавки серы. Только при соблюдении этого условия обеспечивается оптимальная поровая структура асфальтобетона.

Зерновой состав минеральной части асфальтобетонной смеси проектируется по принципу оптимального уплотнения минерального материала, т.е. так же, как и для асфальтобетона на обычном битуме [8]. Минеральную смесь АБС проектировали по кривым оптимального уплотнения для мелкозернистого асфальтобетона с плотной структурой.

С использованием вышеперечисленных минеральных заполнителей и нанопорошков был подобран состав мелкозернистого асфальтобетонной смеси типа Б, который обычно применяется для укладки верхнего слоя дорожных асфальтобетонных покрытий. Расчет состава асфальтобетона заключался в определении наилучшего соотношения между составляющими материалами: щебнем, песком, микронанопорошков и битума. Принцип этого метода исходит из положения зависимости прочности и других свойств асфальтобетона от плотности минеральной смеси при оптимальном количестве битума. Последнее обычно устанавливается опытным путем по наибольшей прочности стандарта.

После подбора оптимального состава асфальтобетона на нефтяном битуме устанавливали дозировку серы. Поскольку плотность серы в два раза превышает плотность битума, необходимо корректировать оптимальное содержание САБД (С) в асфальтобетонной смеси по формуле, (1)

$$C = (G \times 100) / \{ \rho_b \times (S/\rho_s + B/\rho_b) \} \quad (1)$$

где G – оптимальное количество битума в смеси, установлено при проектировании состава в 5,2 % по массе;
S и B – доля соответственно серы (30%) и битума (70%) в вяжущем, %;
 ρ_s и ρ_b – плотность соответственно серы (2,07) и битума (1,030), г/см³.

Количество битума G_C (в %) в смеси определяли по формуле

$$G_C = (C \times B) / 100 \quad (2)$$

Количество серы S_C (в %) в смеси определяли по формуле

$$S_C = (C \times S) / 100 \quad (3)$$

Оптимальное содержание САБД в асфальтобетонной смеси определяли для следующих содержаний серы в САБД - 30 %. По нашему мнению, асфальтобетонная смесь, приготовленная с таким содержанием серы, будет наиболее полно представлять механизм влияния серы на свойства асфальтобетонной смеси. Содержание 30 % серы является границей положительного влияния серы на свойства САБД, а тем самым и на свойства асфальтобетонной смеси. САБД с содержанием серы 30 % подтвердили хорошие показатели в ряду всех составов битум-сера.

Таблица 2 – Состав асфальтобетонной смеси мелкозернистый тип Б марки 1

Состав асфальтобетонной смеси	Соотношение, %	1 м ³	7,77 дм ³ (литр)
Щебень фр. 5-20 мм, кг	40,0 %	968	7,41
Отсев фр. 0-5 мм, кг	55,0%	1331	10,17
Минеральный порошок, кг	5,0 %	121	0,925
Связующее САБД в асфальте, в том числе	5,4%	142,78	1,115
- Нанопорошок, 10%от мин.порошка,кг	0,5%	12,1	0,115
- Битум БНД 100/130	70%	91,48	0,700
- Сера техническая молотая	30%	39,20	0,300
Вес асфальтобетонной смеси, кг	55,0%	1331	10,17

Связующее САБД добавлено в состав асфальтобетонной смеси из расчета 5,2% битума на количество инертного.

Для сравнения свойств были приготовлены несколько составов асфальтобетонных смесей на гранулированном серобитумном связующем с добавлением микро и нанопорошков с различной дозировкой от 4,5 до 6,0% в пересчете на битум. Результаты физико-технических испытаний составов асфальтобетонных смесей с разной процентной дозировкой САБД приводятся в таблице 2.

Приготовление асфальтобетонных смесей с САБД

При использовании серы для изготовления гранулированного серобитумного связующего необходимо строго соблюдать температурный режим технологических процессов. Температура – это фактор, который имеет большое значение и оказывает определяющее влияние на ход реакции серы с битумом, а также взаимодействие серы с атмосферным кислородом с образованием сернистых газов. Как известно, битум является коллоидно-дисперсной системой, которая состоит преимущественно из асфальтенов, создающих дисперсную фазу и насыщенных углеводородов (называемых парафиновыми маслами), которые образуют жидкую фазу и стабилизируют систему ароматично-нафталиновых веществ (смола). Введение серы в битум способствует процессу дегидрогенизации углеводородных цепей и в связи с этим они поддаются циклизации, что приводит к повышению количества соединений асфальтенового типа. Исследования [1] показали, что масла, содержащиеся в битуме, начинают реагировать с серой при температуре выше 130°C, а асфальтены – при температуре в диапазоне от 140 до 150 °С. Это определяет граничные температуры производства гранулированного серобитумного связующего с микронаноразмерными фракциями порошковых заполнителей (САБД) и температурные режимы технологического процесса. Нижнюю температурную границу в технологическом процессе определяет температура плавления серы (около 115°C). В связи с этим предел технологических температур очень узкий. Технологические процессы должны происходить при температуре от 135 до 145 °С. В этом диапазоне температур вредные сернистые газы практически не выделяются и не оказывают влияние на здоровье человека. Поэтому приготовление гранулированного серобитумного связующего с добавками для асфальтобетонной смеси проводили следующим образом. Предварительно взвешенные навески микронаноразмерных порошковых добавок высушивали до полного удаления физической влаги при температуре 160 – 170 °С. После высушивания порошковых микронаноразмерных добавок температуру снижали до 95-100 °С и в отдельной емкости перемешивали с молотой технической серой до гомогенного состояния. В отдельной емкости разогревали битум до температуры 135-145 °С. В разогретый битум при средней температуре 145 °С при постоянном перемешивании вводили подогретую смесь серы с микронанопорошками добавок до гомогенного состава. Время перемешивания составляло 5-10 мин. Затем полученную жидкую серобитумную смесь с микронаноразмерными порошками добавок сливали через сито с ячейками размером 2,0-3,0 мм в емкость с охладителем. Охладителем служила проточная вода. В результате получались волокна диаметром 2,0-3,0 мм, которые вынимались из охладительной емкости и высушивались, и при температуре не более 20°C измельчались до размера 2,0-3,0 мм в форме гранул. Следует учитывать, что температура серобитумной смеси не должна превышать 135°C, чтобы исключить выделение вредных газов сероводорода (H₂S) и двуокиси серы (SO₂). Эта температура, как уже отмечалось, значительно ниже, чем при получении обычного асфальтобетона. Во время приготовления гранулированного связующего не было обнаружено выделения вредных газов, так как специально подобранный по химическому составу нанопорошок, добавляемый при смешивании с серой, обладает реакционными химическими свойствами, которые предотвращают взаимодействие серы с атмосферным кислородом.

Процесс приготовления асфальтобетонной смеси заключался в выполнении следующих операций. Заполнители (щебень и песок) предварительно нагревали до температуры 150-160 °С и высушивали до полного удаления физической влаги. Составляющие инертные заполнители асфальтобетонной смеси (щебень, песок) в нагретом состоянии до 160 °С смешивали с готовым гранулированным серобитумным связующим и перемешивали при температуре 135-140 °С в течение 5-10 мин. Следует учитывать, что температура инертных составляющих допускается нагревать до 170 °С, в то же время гранулы могут быть с температурой окружающей среды.

Готовая асфальтобетонная смесь формовалась в цилиндры и заготовки для проведения испытаний согласно требований СТ РК 1125-2019 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия».

Наблюдения показали, что применение САБД приводит к ускорению процесса обволакивания вяжущим щебня и зерен песка минеральной смеси, а тем самым и к быстрейшему получению асфальтобетонной смеси.

Свойства сероасфальтобетона

Для определения свойств сероасфальтобетона использовали образцы – цилиндры с размерами d=h=71,4 мм. Формование образцов проводили в металлической форме с двумя вкладышами, нагретой до температуры 90 – 100 °С. Образцы уплотнили на прессе при давлении 40 МПа в течение 3 мин.

Определение физико-механических свойств асфальтобетона проводили в соответствии с СТ РК 1125-2019 [9]. Физико-механические свойства сероасфальтобетона даны в табл. 3, где можно видеть, что при увеличении содержания серы в асфальтобетоне происходит увеличение прочности при сжатии при 20 и 50 °С. Сероасфальтобетон по прочности при сжатии при 20 и 50 °С тоже превосходит требования ГОСТа и такие же показатели для асфальтобетона на «чистом» битуме. Средняя плотность сероасфальтобетона больше, чем средняя плотность асфальтобетона на битуме. Повышение прочности и плотности сероасфальтобетона с повышением содержания серы, вероятно, связано с тем, что сера химически не взаимодействует с битумом, а выступает в виде кристаллов, т.е. дополнительного минерального порошка в асфальтобетоне. Водопоглощение сероасфальтобетона находится в пределах, рекомендуемых ГОСТом. Водостойкость составов отвечает требованиям СТ РК 1225-2019 и ГОСТа, и немного выше водостойкости состава на битуме.

Испытания проводились в январе-феврале в лаборатории РГП на ПХВ «Национальный Центр качества дорожных активов».

Таблица 3 – Результаты физико-технических испытаний САБД в составе асфальтобетонных смесей с разной % дозировкой.

Состав АСФБ с САБД, %	Ср. плотность, г/см ³	Водонасыщение, %	R20, МПа Не менее	R20 вод, МПа	R20 длит, МПа	R50, МПа не менее	RO, МПа, не более	Водостойкость, не менее
СТ РК 1225	Не нормируется	1,5-4,0	2,5	Не нормируется	Не нормируется	1,3	13	0,85
5,2% БНД	2,54	1,5	5,6	5,1	4,6	1,6	9,9	0,91
4,5%	2,53	4,5	5,8	5,8		2,3	10,6	1,0
5,0%	2,56	2,4	7,3	6,8	5,8	2,7	11,4	0,93
5,2%	2,56	2,6	5,2	5,4	5,4	2,3	11,2	1,0
6,0%	2,57	1,2	6,4	6,0	5,4	2,3	10,5	0,94
6,5%	2,55	1,7		4,6		1,8	9,0	

Таблица 3 – Результаты физико-технических испытаний САБД в составе асфальтобетонных смесей с разной % дозировкой.

Состав АСФБ с САБД, %	Длительная водостойкость, не менее	Трещиностойкость, не менее не более	Сцепление при сдвиге при температуре 50°C, не менее	Сдвигоустойчивость: Коэффициент внутреннего трения, не менее	Средняя глубина колеи, мм, не более	Средняя глубина колеи, мм, не более (Гамбургский метод +45°C)
СТ РК 1225	0,75	3,5-6,5	0,38	0,83	5,5	
5,2% БНД	0,83	5,3	0,48	0,88	5,33	10,8
4,5%		3,9				
5,0%	0,8	4,1				
5,2%	1,0	3,9	0,63	0,85	4,4	5,1
6,0%	0,85	4,1				
6,5%		4,2				

СТ РК 1225 - требования согласно СТ РК 1225-2019 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: 5,2% БНД - состав асфальтобетонной смеси на чистом битумном связующем без добавок.

Заводская технология приготовления сероасфальтобетона

Проведенные исследования подтверждают, что на САБД можно приготовить асфальтобетон и строить слои дорожного покрытия таким же способом, как и из асфальтобетона, приготовленного на обычном битуме [7].

Однако технологический процесс получения САБД и АБС должен осуществляться при температуре не выше 140 °С в связи с требованиями условий безопасности работ.

Таким образом, все известные технологии применения серы при получении сероасфальтобетона сводятся к следующим основным вариантам:

- предварительное приготовление САБД в виде гранул и введение его в минеральную смесь;
- одновременное дозирование жидкого битума и смеси серы с микронанопорошками в минеральную смесь;
- дозирование гранулированного САБД в смеситель для смешивания с дозированными порциями щебня и песка нагретых до температуры 160 – 170 °С в асфальтобетонную смесь.

Сероасфальтобетонные смеси производят в тех же асфальтобетонных машинах, что и при получении обычных асфальтобетонов, но необходимо оснащать их дополнительным оборудованием, для дозирования гранулированного САБД, которое зависит от выбранной технологической схемы получения сероасфальтобетона на заводах.

В процессе получения САБД необходимо выдерживать температурный режим нагрева составляющих и температурный режим выработки гранул серобитумного связующего с микронанопорошками. Эти температуры не должны быть выше 140 °С, что исключает выделение H₂S и SO₂ в процессе получения гранул САБД.

Температуры нагрева составляющих САБД и его производства значительно ниже, чем температуры нагрева составляющих обычного асфальтобетона. Приготовление асфальтобетона на САБД происходит быстрее, чем асфальтобетона на чистом битуме или сероасфальтобетона, полученного по другой технологии. Этот факт объясняется равномерным распределением гранулированного связующего (САБД) по сравнению с битумом и, как следствие, повышением скорости обволакивания зерен минеральной части асфальтобетона.

Укладка в покрытие сероасфальтобетона

Укладка сероасфальтобетонной смеси может производиться в строительном сезоне при температуре воздуха не ниже 10 °С, причем основание не должно быть влажным. Для получения покрытия хорошего качества укладывать сероасфальтобетонную смесь необходимо в сухую погоду. Непосредственно перед укладкой сероасфальтобетонной смеси нужно произвести необходимые разбивочные работы и смазать битумом все выступающие части в пределах ширины устраиваемого покрытия.

Доставленная к месту укладки сероасфальтобетонная смесь должна иметь температуру от 135 до 120 °С. Укладка ее должна производиться обычными асфальтоукладчиками.

Технологический процесс укладки этой смеси не должен отличаться от технологии укладки горячего асфальтобетона. Это же относится и к процессу уплотнения. Наиболее эффективное уплотнение катками должно происходить в интервале температур от 130 до 120 °С. Уплотнение нужно начинать легкими или средними, а затем тяжелыми катками, обеспечивающими окончательное уплотнение покрытия. Исследования показали, что модифицирование асфальтобетона САБД позволяет уменьшить количество проходов катка по одному следу, что приводит к увеличению их производительности [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования подтвердили, что выбор горных пород напрямую влияет на стоимость и долговечность дорог. Высокопрочные породы, такие как гранит, базальт и габбро, обеспечивают значительное увеличение срока службы дорог, но их высокая стоимость и сложность транспортировки делают их менее доступными, особенно в регионах с дефицитом природных материалов.

Менее прочные материалы, такие как известняк и песчаник, хотя и уступают по эксплуатационным характеристикам, обеспечивают более низкую стоимость строительства. Эти материалы эффективны для использования в проектах с умеренной нагрузкой, где долговечность не является основным требованием.

Международный опыт показывает, что переработанные материалы, такие как металлургические шлаки и зола угольных электростанций, являются эффективным решением для сокращения затрат и улучшения экологической устойчивости проектов. Применение этих материалов позволяет не только уменьшить стоимость строительства, но и сократить объемы промышленных отходов. В США, России и Китае использование переработанных материалов в дорожном строительстве уже способствует повышению эффективности и экологической безопасности проектов, что может быть успешно адаптировано для условий Казахстана.

Для Казахстана использование переработанных материалов, особенно в регионах с дефицитом природных инертных ресурсов, представляет собой перспективное решение. На уровне правительства активно обсуждается внедрение этих материалов в дорожное строительство, и разрабатывается дорожная карта для их применения. Это поможет снизить затраты на строительство дорог, улучшить экологическую ситуацию и обеспечить устойчивое развитие дорожной инфраструктуры в стране.

Таким образом, оптимизация выбора горных пород и техногенных материалов для дорожного строительства должна учитывать баланс между стоимостью и долговечностью. В условиях интенсивного движения и суровых климатических условий оправдано использование высокопрочных пород, в то время как менее прочные, но более доступные породы или переработанные материалы могут эффективно применяться в менее нагруженных дорожных конструкциях, что снижает затраты на строительство и эксплуатацию дорог.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иваньски М., Урьев Н.Б. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсным и полимерным компонентами). М.: Техполиграфцентр, 2007. 668 с.
2. Плотникова И.А., Гурарий Е.Л., Степанян И.В. //Автомобильные дороги. 1982. №9. С. 15.
3. Гматейко В.В., Золотарев В.А. Использование серы и серосодержащих отходов в дорожном строительстве. Обзорная информация. М., 1990. 62 с.
4. Гурарий Е.М. Влияние серы на структурообразование в битумах// Тр. СоюзДорНИИ. 1971. Вып.44. 137 с.
5. Королев И.В. Пути экономии битума в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1986.147 с.
6. Джалилов А.Т. Исследование модификации дорожного битума элементной серой. Ташкент, ТашНИИ химической технологии.
7. Методические рекомендации по применению асфальтобетонов с добавкой серы и по технологии строительства из них дорожных покрытий. Балашиха: СоюзДорНИИ, 1986.16 с.
8. ГОСТ 9128-2010. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
9. СТ РК 1125-2019 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия».
10. ГОСТ 12801-98. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний.
11. Горетый, В. В. Сероасфальтобетоны на местных заполнителях для ремонта автодорог / В. В. Горетый // Проблемы строительного материаловедения и новые технологии : сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. «Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века». - Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. - Ч.2. -578 с.
12. Печеный, Б. Г. Битумы и битумные композиции / Б. Г. Печеный. - Москва: Химия, 1990.- 256 с.
13. Гридчин, А. Н. Влияние минерального порошка из отходов производства извести на свойства асфальтобетона / А. Н. Гридчин, В. В. Ядыкина, М. В. Ветров // ИВУЗ. Строительство. - 2000. - № 10. 20.
14. Кац, М. Н. Структурообразование граничных слоев битума на поверхности минерального материала / М. Н. Кац: дис. ... канд. техн. наук. - Ленинград, 1987 - 180 с.
15. Гун, Р. Б. Нефтяные битумы / Р. Б. Гун. - Москва: Химия, 1973. - 343 с.
16. Розенталь, Д. А. Битумы. Получение и способы модификации / Д. А. Розенталь, В. Н. Березников, И. Н. Кудрявцева. - Ленинград, 1979. -86 с.