

Научно-практические аспекты получения водэмульсионных материалов дорожно-строительного назначения

Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А.,
Муллахметов Н.Р., Фаттахов Д.Ф., Галиев А.А.,
Идрисов М.Р., Бадретдинов Р.Ш., Файзрахманов А.Т.

В последнее время за рубежом широкое распространение получил холодный способ приготовления смесей для строительства и ремонта дорожных покрытий /1/, при котором в качестве вяжущего материала вместо горячего битума применяют битумные эмульсии.

С расширением производства битумных эмульсий (БЭ) за рубежом отошли от доктрины ямочного ремонта по мере возникновения дефектов, и перешли к индустриальной профилактической защите верхних слоёв покрытий. Преимущества такого способа ухода за дорожным покрытием видны из графика, приведенного на рисунке 1.

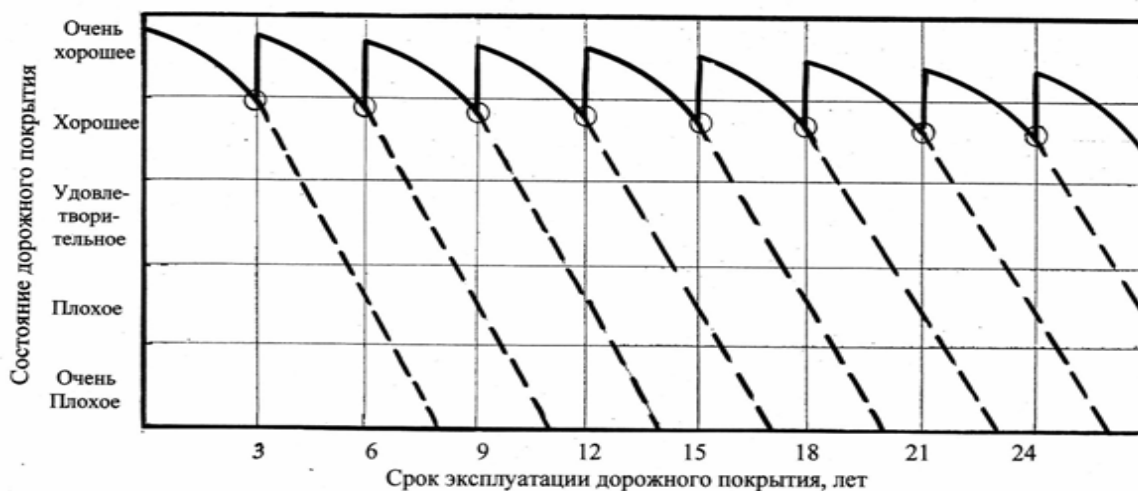


Рис.1 Влияние профилактической защиты на срок службы дорожного покрытия.
О – сроки выполнения профилактической защиты дорожного покрытия.

Эмульсии битума в воде используются в различных областях строительства, основными направлениями являются:

- использование в дорожном строительстве;
- использование в качестве защитного и скрепляющего материала в различных строительных конструкциях (кровля, мосты и т.п.).

Области применения БЭ может проиллюстрировать рисунок 2.



Рис.2 Области применения битумных эмульсий.

Одним из наиболее распространённых видов профилактической защиты является тонкослойное покрытие “Slurry Seal” с использованием битумных шламов. Битумные шламы являются разновидностью эмульсионно-минеральных смесей литой консистенции и представляют собой суспензию, состоящую из песчано-щебёночной смеси определённого фракционного состава, минерального наполнителя, БЭ, воды и специальных добавок. Приготовление шлама и нанесение его на дорогу производится с помощью передвижной установки, включающей бункера для заполнителя и наполнителя, баки для воды, БЭ и других добавок, мешалки, системы дозирования компонентов в мешалку, водяной спрыск и распределительный ящик для формирования слоя покрытия на дороге. Передвижная установка для приготовления и укладки шлама на дорогу обеспечивает высокую скорость нанесения (до 20 м/мин) и высокое качество тонкослойного покрытия.

Ещё одним видом профилактической защиты является поверхностная обработка дороги, при которой на ремонтируемое дорожное покрытие наносится сначала БЭ, а затем щебень, после чего производится укатка нанесенного материала. Оборудование для выполнения поверхностной обработки покрытия поставляется различными зарубежными фирмами, такими как: “Secmair” (Франция), “Breining” (Германия), “Strassmayr” (Австрия). Поверхностная обработка с использованием БЭ может также выполняться с помощью традиционного оборудования, применяемого в дорожном строительстве (гудронаторы, грейдеры, катки).

Высокопроизводительные транспортабельные установки для приготовления холодных асфальтобетонных смесей производит шведская фирма “Akzo Nobel”. В Белоруссии гравийно-эмульсионные смеси для выравнивающих и несущих слоёв, а также эмульсионно-минеральные смеси готовятся в двухвальных лопастных смесителях, широко используемых на кирпичных заводах. Смеси с малым содержанием мелкой фракции (пыли) можно готовить в смесительных агрегатах действующих асфальтобетонных установок.

Ямочный ремонт с использованием БЭ может производиться методом пропитки либо с применением эмульсионно-минеральных смесей. Эффективное оборудование для выполнения ямочного ремонта “Patchmatic STP 1008” поставляется австрийской фирмой “Strassmayr”.

Интересным направлением использования БЭ является холодная технология рисайклинга. Суть её заключается в том, что снимаемый с дороги старый асфальт измельчается, смешивается с эмульсией и снова укладывается на дорогу. Оборудование для холодного рециклирования поставляется немецкой фирмой “Wirtgen”.

Битумные эмульсии призваны улучшить качество, повысить технологичность и скорость проведения дорожно-строительных и ремонтных работ. Основным конкурентом БЭ является дорожный битум, разогретый до высоких температур. При использовании такого битума в дорожном строительстве и ремонте невозможно достичь достаточного качества ввиду следующих причин:

- низкая сцепляемость битума с поверхностью основания (плохая адгезия);
- плохое и неравномерное распределение по поверхности;
- необходимость полного отсутствия влаги на очищенной поверхности;
- невозможность варьирования качественными параметрами битума в зависимости от проводимых работ;
- высокая энергоёмкость, обусловленная поддержанием высоких температур;
- повышенная опасность производства работ, так как используется битум температуры до 160 °С.

К наиболее важным преимуществам БЭ по сравнению с традиционно используемыми вяжущими материалами (разогретые до высоких температур вязкие дорожные битумы, разжиженные нефтяными дистиллятами битумы) следует отнести, прежде всего, их заметно меньшую вязкость уже при 20⁰С, сопоставимую с вязкостью дисперсионной среды (водной фазы), а также более высокую адгезионную способность к поверхностям различной структуры и природы (кислые и щелочные минералы, металл и т.д.). Снижение вязкости позволяет повысить точность дозирования вяжущего материала и распределять его более тонкими слоями, что, в свою очередь, исключает вероятность "потения" слоев (выступления битума на поверхность из объема слоя) и приводит к сокращению расхода вяжущего материала. Повышенная адгезия способствует созданию высокопрочных и долговечных дорожных конструкций. Так же следует отметить, что допускается разлив БЭ на увлажненную поверхности, позволяющее вести дорожные работы с ранней весны до поздней осени, к тому же технология производства БЭ позволяет варьировать ее качественными показателями, необходимыми для каждого отдельного вида работ.

Зарубежный опыт показывает /2/, что применение холодных технологий с использованием БЭ в дорожном строительстве обеспечивает экономию битума на 30% и снижает энергозатраты почти в 1,5 раза.

Соответственно, доля потребления битумных эмульсий в ближайшее время будет повышаться что обусловлено рядом факторов:

- сокращение выбросов, загрязняющих атмосфер;
- минимизация энергетических затрат;
- повышение экономической эффективности и сокращение удельных затрат;
- повышение безопасности проведения работ;
- улучшение эксплуатационных характеристик вяжущего материала.

В Советском Союзе битумными эмульсиями начали заниматься давно. Так в 1975 году Минтрансстроем СССР были разработаны технические условия по приготовлению и применению дорожных эмульсий ВСН 115-75, а в 1981 году ГОСТ 18659-81 «Эмульсии битумные дорожные». В 1989 году СоюздорНИИ разработано «Пособие по приготовлению и применению битумных дорожных эмульсий (к СниП 3.06.03.85)».

Однако, несмотря на все вышеперечисленные достоинства, в СССР, а позже и в России БЭ практически не использовались из-за отсутствия эффективных аппаратов для приготовления эмульсий и эмульгаторов со стабильными свойствами. Стоит отметить, что для получения высокоэффективных битумных материалов (БМ) необходимо руководствоваться обширным научно-практическим опытом в области химического структурно-группового состава тяжелых нефтяных остатков (ТНО) и битумов различной природы, а также способов их добычи (термодеструктивные) и режимов выработки (температура, продолжительность, расход воздуха). А так как в большинстве своем отсутствует основная на наш взгляд взаимосвязь между существующими способами добычи нефти и природных битумов, условиями их дальнейшей переработки и предъявляемым требованиям качества к битумам (дорожного и гражданского назначения) у современного рынка потребителей, то задача получения высококачественных БМ становится трудно выполнимой, а зачастую невыполнимой, вследствие высокого роста негативных факторов, связанных с влиянием химического структурно-группового состава деструктивных ТНО и битумов на адгезионно-прочностные свойства получаемых на их основе БМ.

В настоящее время в РФ доля битумных эмульсий в общей структуре органических вяжущих материалов, потребляемых в дорожном строительстве, по разным оценкам не превышает 3-5 %, в то время как в развитых странах этот показатель находится на уровне 20-40 %. Справедливости ради стоит отметить, что в последние годы наметилась тенденция к повышению доли эмульгированного битума в структуре потребления органических вяжущих в нашей стране.

На сегодняшний день около 10 % битума, используемого в дорожном строительстве, переводится в эмульгированное состояние. Лидером по валовому выпуску являются США, а по относительной доле битумных эмульсий первое место принадлежит Франции. Для России битумные эмульсии являются относительно новым видом вяжущего материала в плане того, что практически вплоть до середины 1990-х годов вязкие дорожные битумы были чуть ли не единственным видом органического вяжущего, используемого в практике дорожного строительства. Одной из причин малого использования эмульсий как органического вяжущего материала является качество получаемого нефтяного битума, который одновременно является и одним из самых дефицитных продуктов. Достаточно отметить, что по общему объему производства нефтяных битумов РФ занимает второе место после США. Из общего объема вырабатываемых в России битумов около 65 % составляют дорожные, 25 % - строительные и 10 % - кровельные марки. При этом потребность в битумах в целом удовлетворяется на 80 %, а потребность в дорожных битумах - лишь на 60 %, что вызывает ощутимый дефицит. Да и сейчас доля вязких битумов в структуре потребления превышает 90 %. Битумные эмульсии в РФ до настоящего времени практически не использовались или использовались лишь в опытным порядке, хотя в РФ, как уже отмечалось выше, уже действуют разработанные ГОСТы, ТУ и регламенты.

Современный уровень развития строительства вообще и дорожного - в частности, предусматривает весьма жесткие требования к ассортименту и качеству строительных материалов. На сегодняшний день более 70 % выпускаемых в России битумов не соответствует по своему ассортименту и качеству требованиям современного потребительского рынка.

Следует отметить, что на сегодняшний день различают три основных способа производства нефтяных битумов:

- концентрирование нефтяных остатков путем перегонки их в вакууме в присутствии водяного пара или инертного газа (при переработке тяжелых асфальтосмолистых нефтей остаточные битумы получают атмосферной перегонкой).

- окисление кислородом воздуха различных нефтяных остатков (мазутов, гудронов, асфальтенов деасфальтизации и т.д.) при температуре 180 – 300⁰С и продолжительности до 12 часов.

- компаундирование (смешение) различных нефтяных остатков с дистиллятами и с окисленными или остаточными битумами и др.

В РФ основным источником битумов является процесс окисления /1-5/, что обусловлено более 85 % всех вырабатываемых этим способом битумов. Напротив, за рубежом, в таких странах как США, Франции, Германии, Мексики, Бразилии дорожные битумы производятся как остаточный продукт атмосферно-вакуумной перегонки специальных сортов нефтей (тяжелые венесуэльские, мексиканские) при соответствующих режимах, обеспечивающих получение битума заданной марки как кубового продукта вакуумной колонны.

Как известно, битумы представляют сложную смесь высокомолекулярных углеводородов нефти и их гетеропроизводных /1-5/, основная составная частей которых это асфальтены, смолы, масла.

Битумы обычно хорошо эмульгируются, если в их составе соотношение смол к асфальтенам находится в пределах 0,5 – 2, а при соотношении менее 0,5 эмульгирование протекает неудовлетворительно. Чем больше в битумах смол, тем выше их поверхностная активность, с увеличением же содержания асфальтенов поверхностная активность уменьшается.

Асфальтены адсорбированы оболочкой из смол, набухших диффузно в маслах, в связи с чем их антагонистическое действие нейтрализуется. При содержании асфальтенов в битумах выше 16% структура их уплотняется, а при 20% и более образуется уже пространственный коагуляционный каркас из асфальтенов, стабилизированных очень

тонким слоем смол, слабо набухших в маслах. Чтобы получить эмульсии из таких битумов требуются специальные эффективные ПАВ-эмульгаторы.

Несомненно, что существует связь между количеством асфальтенов, их химической структурой и реологическими свойствами битумов, а также устойчивостью эмульсии к механическим воздействиям, имеющей непосредственное отношение к эмульгируемости.

Именно по этой причине битум, используемый в производстве эмульсии за рубежом, применяется в основном прямой (остаточный), так как для битумов полученных путем окисления характерно наличие большого количества асфальтенов при относительно невысоком содержании смол, что, конечно, отражается на поверхностной активности и в затрудненном эмульгировании. А значительная поверхностная активность битумов обычно сочетается с хорошей эмульгируемостью.

Эмульгируемость битумов зависит от структуры битума, свойств применяемого эмульгатора, и режима эмульгирования. При одном и том же режиме легко эмульгируются битумы II структурного типа, в которых асфальтенов не более 18%, смолы 36% и не более 48% углеводов. Из битумов I типа (асфальтенов более 25%, смолы менее, 24% и более 50% углеводов) получают эмульсии неоднородные с повышенной вязкостью и неустойчивые при хранении. Битумы III типа (промежуточного состава) лучше эмульгируются, чем I, но хуже чем II типа. В пределах одного структурного типа лучше эмульгируются менее вязкие битумы. Эмульгировать битумы рекомендуется при оптимальной температуре, устанавливаемой в зависимости от их вязкости и типа. Итак, пока еще нет единого критерия, однозначно определяющего эмульгируемость битумов. Возможность получения доброкачественных битумных эмульсий зависит от поверхностной активности, химического состава, природы, структуры и реологических свойств битумов.

Следует отметить, что дисперсная структура битума /4/ по А.С. Колбановской значительно зависит от содержания n-парафинов, так как при определенных температурах дисперсную фазу в маслах образуют нафтеновые, парафино-нафтеновые и ароматические УВ с боковыми цепями парафинового ряда. Как правило, это частицы и сетка из кристаллов выше перечисленных УВ. При их содержании более 3% возникает кристаллизационный каркас из парафинов, сообщающий системе жесткость и уменьшается интервал пластичности.

Парафины и церезины, входящие в состав сырья для получения битумов, плохо окисляются, затрудняют производство окисленных битумов с требуемыми свойствами. Твердые парафины, как кристаллические вещества, не обладают пластическими и клеящими свойствами и, покрывая тонкой пленкой битум, ухудшают растяжимость, прочность и адгезию. Однако существующие исследования влияния твердых парафинов и парафино-нафтеновых соединений сырья на свойства окисленных битумов показали, что эти свойства зависят не только от содержания этих компонентов, но и от структуры их молекул и что их присутствие в определенных количествах даже полезно и необходимо.

Кроме основных составных частей – асфальтенов, смол, масел и углеводов, в битуме присутствуют также кислородсодержащие, сернистые и азотистые соединения. Химическая природа и строение этих соединений таково, что они могут играть роль поверхностно-активных веществ (ПАВ), а следовательно, улучшать эмульгируемость и прилипание битума к минеральным материалам (адгезию).

Кислородсодержащие соединения в битумах представлены нафтеновыми и асфальтогеновыми кислотами, а также в небольшом количестве фенолами. Их присутствие отражается на кислотных центрах битумов, которое может достигать до 3 мг КОН/г. При окислении тяжелого нефтяного остатка кислородом воздуха образуется ряд химических соединений, содержащих гидроксильные (-ОН), карбонильные ($=C=O$), карбоксильные (-COOH) и сложноэфирные группы (-COOR). Сернистые соединения в битумах из тяжелого нефтяного остатка представлены циклическими тиофанами и тиофенами, сульфидами. Азотистые соединения включают производные пиридина, хинолина и амины.

Поверхностная активность составных компонентов ряда битумов существенно отличается, по-видимому, в связи с тем, что одни и те же компоненты, выделенные из различных битумов, не являются индивидуальными химическими соединениями и обладают различными свойствами. Общая поверхностная активность битумов может значительно повышаться за счет асфальтогеновых кислот и ангидридов. Их поверхностная активность в несколько раз превышает поверхностную активность смол. Поэтому незначительное увеличение содержания кислых компонентов в битумах эффективно, влияет на их молекулярно-поверхностные свойства главным образом на границе со щелочными растворами. Битумы с большим содержанием асфальтогеновых кислот и ангидридов характеризуются обычно большими числами кислотности и омыления. Увеличение содержания кислот и ангидридов в битумах может настолько повысить поверхностную активность, что они приобретут совершенно новое качество – способность самопроизвольно эмульгироваться в щелочных растворах. Битумы, содержащие достаточное количество собственных кислот, эмульгируются в водных щелочных растворах без эмульгаторов, образуя из собственных кислот (например, нафтеновых) и щелочи действующее как эмульгатор мыло. Такой способ образования мыла на поверхности раздела весьма эффективен, так как он сопровождается резким снижением межфазного поверхностного натяжения.

Исследования кислых компонентов битумов и их влияние на эмульгируемость привели к выводу, что плохо эмульгирующиеся битумы можно сделать хорошо эмульгирующимися, если добавлять подходящую по природе кислоту до тех пор, пока кислотное число достигнет 0,8 мг КОН/г. Некоторые авторы считают, что кислотное число можно рассматривать как критерий пригодности битумов для приготовления эмульсии. Это особенно проявляется в тех случаях, когда битумы получены при переработке одного и того же сырья, но одной и той же технологии с незначительными изменениями в режиме окисления.

Но известны дорожные битумы с кислотным числом, значительно большим 0,8 мг КОН/г, эмульгирующиеся плохо или вовсе не эмульгирующиеся даже при применении очень эффективных эмульгаторов и эмульгирующих механизмов. По-видимому, здесь весьма важную роль играет не только абсолютное содержание в битуме кислых компонентов, но и их природа, химическое строение, а также наличие других компонентов, например, гидрофобных эмульгаторов, обладающих значительным антагонистическим действием.

Наличие в битуме нативных поверхностно-активных соединений (ПАС) не означает, что у него будет хорошо адгезия к поверхности различных минеральных материалов, поскольку адгезия определяется природой обоих компонентов и условиями их контакта.

Если ПАВ, содержащиеся в битуме, не обеспечивают хорошую адгезию к минеральному материалу, то необходимо вводить в битум из тяжелого нефтяного остатка катионные ПАВ (КПАВ). КПАВ позволяет улучшить адгезию битума к минеральным материалам различной природы, а также замедлить процесс старения получаемого асфальтобетона. Введение КПАВ в небольших количествах в битум дает надежное сцепление с минеральными материалами различного характера, даже с увлажненными, вытесняя воду с поверхности материала. Это обусловлено тем, что КПАВ активизирует поверхность каменного материала в результате ориентированной адсорбции с созданием хемосорбционного слоя, способствующего прочной связи с битумом. Кроме того, КПАВ адсорбируясь на полярных участках асфальтенов, блокируют места их взаимодействия друг с другом, что препятствует их укрупнению и структурированию, а следовательно, замедляют процесс старения.

Так как эмульсии, являются термодинамически неустойчивыми системами [6,7], то после прекращения механического или иного эмульгирующего воздействия на смесь двух несмешивающихся жидкостей происходит достаточно быстрый распад системы на две фазы (нарушение агрегативной устойчивости). Для уменьшения стремления капель

дисперсной фазы эмульсии к слиянию (коалесценции) следует всемерно стремиться к минимизации межфазного поверхностного натяжения. Для этого в эмульсию вводят третий компонент - поверхностно-активное вещество, адсорбирующееся на межфазной границе. К поверхностно-активным относятся вещества с асимметричной молекулярной структурой, молекулы которых содержат одну или несколько гидрофильных групп и один или несколько гидрофобных радикалов. Такая структура, называемая дифильной, обуславливает поверхностную (адсорбционную) активность веществ, то есть способность концентрироваться на межфазных поверхностях раздела (адсорбироваться), изменяя их свойства.

Особое внимание при приготовлении битумных эмульсий нами уделено выбору модифицирующей добавки к битумным эмульсиям, в качестве которой были использованы продукты оксиэтилирования спиртов (ПОС): А и В, отличающиеся степенью замещения. Выбор этого компонента был неслучаен. ПОС является водорастворимым полимером и при введении его с целью получения стабильной эмульсии, отличающейся значительным сопротивлением покрытия истиранию при деформации.

Для исследования нами был взят нефтяной окисленный дорожный битум марки БНД 60/90 ОАО “Татнефтепром-Зюзеевнефть” (РТ), отличающийся повышенным содержанием парафиновых углеводородов (более 4% масс.), свойства которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Качественные характеристики дорожного битума марки БНД 60/90 по ГОСТ 22245-90 на “Битумы нефтяные дорожные вязкие”

Наименование показателей	Норма по ГОСТ 22245-90	Фактическое значение
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм - при 25 °С - при 0 °С	пределы 61 – 90 не менее 28	74 20
3. Температура размягчения, °С	не ниже 47	49
4. Растяжимость, см - при 25 °С - при 0 °С	не менее 55 не менее 4,0	более 100 0,5
6. Температура хрупкости, °С	не выше минус 17	минус 14
7. Температура вспышки, °С	не ниже 230	230
8. Индекс пенетрации	от –1,0 до +1,0	-0,8
9. Адгезия, балл	-	3

Полученные эмульсии с содержанием битумной части 40 и 60% мас. водной соответственно с введением в последнюю выбранных компонентов отличались высокой стабильностью и относились к классу медленнораспадающихся. Следует отметить, что приготовление эмульсии на традиционном катиоактивном эмульгаторе без введения добавки положительных результатов не показал, так как образовывались неустойчивые эмульсии, в течение одних суток сначала происходила коагуляция, а затем и седиментация битумной фазы.

Дальнейшим шагом стало уменьшение содержания эмульгатора в виду того, что получающиеся эмульсии обладали высокой стабильностью и устойчивостью к расслаиванию и коалесценции при хранении. Полученные таким образом битумные эмульсии роли уменьшения эмульгатора никак не повлияло на их устойчивость. Значения ИР относят данную эмульсию к классу медленнораспадающихся. Данный тип эмульсии используют, как правило, для приготовления холодных битумоминеральных смесей различной плотности, предназначенных для более или менее длительного хранения, для укрепления грунтов, обеспыливания дорог.

При проведении исследований битумного вяжущего было выявлено, что с увеличением содержания вводимого компонента ПОС происходило значительное улучшение адгезионно–прочностных свойств битумов, т.е. происходило увеличение адгезии до 1 балла, в то время как у исходного битума она составляет 3 балла /таблица 2/.

Таблица 2 – Влияние модифицирующих добавок на адгезионную способность эмульгированных битумов

Но- мер об- раз- ца	Коли- чество воды, % мас.	Коли- чество эмуль- гатора, % мас.	Коли- чество битума % мас.	Количество ПОС, % мас.		Ито-го, % мас.	Адге- зия, балл
				<i>A</i>	<i>B</i>		
1	58,75	0,50	40	0,75	-	100	2
2	58,50	0,50	40	1,00	-	100	3
3	58,00	0,50	40	1,50	-	100	2
4	58,75	0,50	40	-	0,75	100	2
5	58,50	0,50	40	-	1,00	100	3
6	58,00	0,50	40	-	1,50	100	2
7	68,75	0,50	30	0,75	-	100	2
8	68,50	0,50	30	1,00	-	100	3
9	68,00	0,50	30	1,50	-	100	2
10	68,75	0,50	30	-	0,75	100	1
11	68,50	0,50	30	-	1,00	100	1
12	68,00	0,50	30	-	1,50	100	1
13	59,00	0,25	40	0,75	-	100	3
14	58,75	0,25	40	1,00	-	100	2
15	58,25	0,25	40	1,50	-	100	2
16	59,00	0,25	40	-	0,75	100	2
17	58,75	0,25	40	-	1,00	100	2
18	58,25	0,25	40	-	1,50	100	2
19	69,00	0,25	30	0,75	-	100	3
20	68,75	0,25	30	1,00	-	100	1
21	68,25	0,25	30	1,50	-	100	2
22	69,00	0,25	30	-	0,75	100	1
23	68,75	0,25	30	-	1,00	100	1
24	68,25	0,25	30	-	1,50	100	1

Модифицированные образцы эмульгированных, обезвоженных, битумов с высоким баллом адгезии и исходный битум необходимо подвергнуть определению физико-химических свойств /таблица 3/.

Таблица 3 – Физико-химические свойства исходного и модифицированного битумов марки БНД 60/90

Наименование образцов	Индекс распада ИР, г/100 г	Адгезия, балл	Пенетрация при 25 ⁰ С, 0,1 мм	Температура размягчения, ⁰ С	Дуктильность при 25 ⁰ С, см	Индекс пенетрации, ИП
1. Исходный битум	-	3	56	49,8	больше 100	-
2. Модифицированный 0,75%-ом мас. ПОС В битум (содержание в ВБЭ – 30% мас.) и 0,5% мас. эмульгатора	450	1	48	53,8	24	-1,1
3. Модифицированный 1%-ом мас. ПОС В битум (содержание в ВБЭ – 30% мас.) и 0,5% мас. эмульгатора	438	1	41	52,7	38,5	-1,3
4. Модифицированный 1,5%-ом мас. ПОС В битум (содержание в ВБЭ – 30% мас.) и 0,5% мас. эмульгатора	473	1	57	48,05	37,3	-1,4
5. Модифицированный 0,75%-ом мас. ПОС В битум (содержание в ВБЭ – 30% мас.) и 0,25% мас. эмульгатора	431	1	44	54	30	-0,9
6. Модифицированный 1%-ом мас. ПОС В битум (содержание в ВБЭ – 30% мас.) и 0,25% мас. эмульгатора	420	1	44	53,2	46	-1,0
7. Модифицированный 1,5%-ом мас. ПОС В битум (содержание в ВБЭ – 30% мас.) и 0,25% мас. эмульгатора	452	1	59	49	44	-1,2
8. Норма по ГОСТ 22245–90	-	-	61-90	47	55	-

Как видно, все образцы модифицированного битума с высокими значениями адгезии не подходят ни по одному из показателей ГОСТ 22245-90 на битумы БНД 60/90. Но исходя из того, что при строительстве, ремонте и капитальном ремонте федеральных автомобильных дорог I–II технических категорий в верхних слоях асфальтобетонных покрытий используются битумы нефтяные дорожные вязкие БНД разных марок, то в нашем случае по требованиям к битумам из полученных показателей подходит 6-ой образец битума под маркой БНД 40/60.

Таким образом, на основании полученных данных, установлено, что модификация битумной фазы оказала положительное влияние на основные свойства битума. В частности, с введением компонентов наблюдается увеличение значений адгезии битума с минеральным материалом.

Полученные результаты свидетельствует о высокой механической прочности битумной пленки на поверхности каменного материала, которое подтверждается структурирующим действием исследуемого нами модификатора – ПОС. О его структурирующем действии так же говорит и изменение физико–химических свойств модифицированных эмульгированных битумов.

Литература:

1. Кемалов А.Ф. Интенсификация производства окисленных битумов и модифицированные битумные материалы на их основе. Дисс.докт. техн. наук. – Казань, 2005, 363с.
2. Кемалов, Р.А. Научно-практические аспекты процессов коррозии и способов защиты: монография / Р.А. Кемалов, А.Ф. Кемалов. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008. – 280 с.
3. Поконова Ю.В. Нефтяные битумы. – Скт.Пет.: Санкт-Петербургская издательская компания «Синтез», 2005.- 154с.
4. Колбановская А.С. Дорожные битумы. / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов - М.: Транспорт, 1973. - 264 с.
5. Кемалов, Р.А. Защитные лакокрасочные покрытия на основе продуктов нефте-химического сырья : учебное пособие / Р.А. Кемалов, А.Ф. Кемалов. – Казань : Изд-во Казан. гос.технол.ун-т., 2008. – 180 с.
6. Сюняев З.И. Нефтяные дисперсные системы. / З.И. Сюняев, Р.З. Сюняев, Р.З. Сафиева - М.: Химия, 1990. -226 с.
7. Туманян Б.П. Научные и прикладные аспекты теории нефтяных дисперсных систем.- М.: техника 2000г.
8. Кемалов, А.Ф. Научно-практические основы физико-химической механики и статистического анализа дисперсных систем: Учебное пособие / А.Ф. Кемалов, Р.А. Кемалов; Казан.гос.технол.ун-т. Казань, 2008. 472 с.