

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАТИОННЫХ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Терлецкая В.Я.

Жданюк В.К.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Применение битумных эмульсий при строительстве и ремонте дорожных одежд имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными дорожными битумами. Битумные эмульсии эффективно применять при выполнении работ ранней весной или поздней осенью, когда работать с горячим битумом не представляется возможным из-за высокой влажности покрытий и материалов. Низкая вязкость дорожных эмульсий обеспечивает хорошее смачивание и обволакивание поверхности холодных минеральных материалов разной дисперсности и происхождения или поверхности покрытия, что позволяет продлить продолжительность строительного сезона.

Хорошее прилипание к влажной поверхности минеральных материалов битума, образующегося в результате распада катионной битумной эмульсии, обеспечивается благодаря присутствию в составе эмульсии катионного эмульгатора, который, как правило, является эффективным адгезивом.

В зависимости от необходимых технологических свойств битумные эмульсии могут приготавливаться на основе битумов разных марок, а также с применением различных добавок и модификаторов (растворители, поверхностно-активные вещества, полимеры и др.). Существующие технологии приготовления эмульсий позволяют в зависимости от их назначения и условий применения производить их с различной скоростью распада и устойчивостью при транспортировании и хранении. Строительные и ремонтные работы, которые предусматривают использование битумных эмульсий, характеризуются улучшенными условиями труда рабочих, охраны окружающей среды и энергоемкостью благодаря отсутствию необходимости нагревания эмульсии и высушивания минеральных материалов.

Катионные битумные эмульсии представляют собой сложные коллоидные системы, свойства которых существенно зависят от различных факторов (состав и свойства исходных компонентов, технологические особенности процесса эмульгирования и др.) [1]. Одной из важнейших физико-механических характеристик битумных эмульсий является однородность. Известно, что однородность и дисперсность битумных эмульсий зависит от межфазного поверхностного натяжения на границе битума с водной фазой [1].

Хорошее смачивание твердой поверхности эмульсией служит признаком проявления сил притяжения между молекулами смачивающей жидкости и твердого тела. Эти силы относятся к фундаментальным термодинамическим свойствам двух материалов [2]. Работа, необходимая для разрушения адгезионного контакта между эмульсией и минеральным материалом, т.е. для преодоления сил межфазного взаимодействия определяется по известному уравнению Дюпре-Юнга и является важнейшей термодинамической характеристикой. Работа сил адгезии рассчитывается на основании данных о поверхностном натяжении и краевом угле смачивания минеральной поверхности. Очевидно, что от природы и концентрации эмульгатора будут зависеть термодинамические характеристики и физико-механические свойства битумных дорожных эмульсий.

Целью данной работы является исследование влияния концентрации эмульгаторов на термодинамические и физико-механические свойства катионных битумных эмульсий.

Для исследований на лабораторной установке конструкции завода «Укрстроймаш» были приготовлены катионные битумные дорожные эмульсии на основе эмульгаторов различных

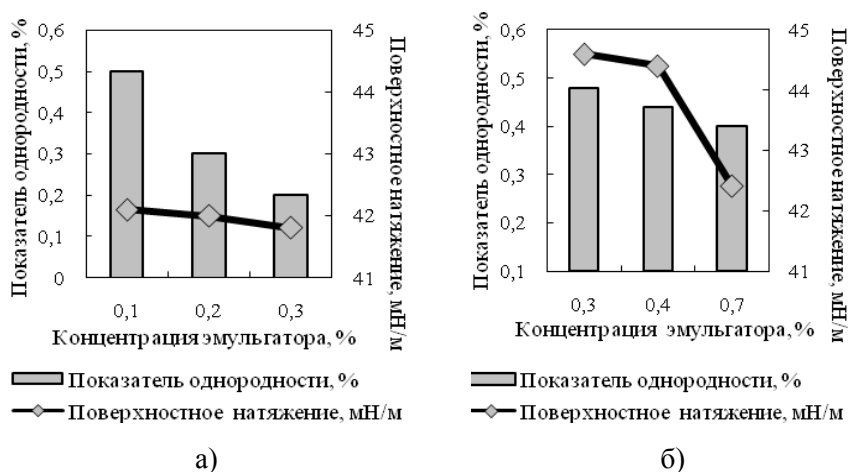
производителей (французская фирма «СЕСА» и шведская – «Akzo Nobel»). Свойства эмульгаторов по данным производителей представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Свойства эмульгаторов

Показатели	Эмульгаторы			
	Dinoram SL	Polyram L80	Redicot Rm007	Redicot E-11
Состояние при 20 °С	Жидкость			
Химический состав	алкилпропил ендиамин	алкилпропиле нполиамин	алкиламинет оксилат	смесь хлорида алкилдиамина и пропанола
Плотность при 20 °С, кг/м ³	900	930	-	890
Температура, °С:				
– застывания	-8	4	<5	-20
– вспышки	204	>100	>100	13
Вязкость при температуре 20 °С, мПа·с	320	570	440	52
Щёлочность, при 20 °С, кг/м ³	4,5 мл HCl/г	6,31 мл HClO ₄ /г	130 мг HCl/г	-

Для приготовления катионных битумных эмульсий использовали нефтяной дорожный битум марки БНД 60/90 Кременчугского НПЗ со следующими показателями физико-механических свойств: температура размягчения (КиШ) – 49 °С, пенетрация при 25 С – 77 мм⁻¹, при 0°С – 24 мм⁻¹, дуктильность при 25 °С – 100 см, индекс пенетрации – 0,39, сцепление с поверхностью стекла – 12 %.

Результаты экспериментальных исследований, приведенные на рис. 1, показывают, что с увеличением концентрации эмульгатора в эмульсиях их поверхностное натяжение и показатель однородности снижаются. Наименьшая величина показателя однородности и поверхностного натяжения характерна для катионной битумной эмульсии на основе алкилпропилендиамин, по сравнению с эмульсией на основе алкилпропиленполиамин (при концентрации эмульгатора 0,3 %).



а) на основе эмульгатора Dinoram SL; б) на основе эмульгатора Polyram L80
Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения и показателя однородности от концентрации эмульгатора в эмульсии

Результаты экспериментальной оценки величины краевого угла смачивания, который образуют эмульсии с поверхностью стекла, свидетельствуют (рис. 2), что в принятом диапазоне концентраций исследуемых эмульгаторов все эмульсии имеют достаточно близкие значения краевых углов смачивания, которые находятся в пределах 20-30°. Для исходного битума марки БНД 60/90 такие значения краевого угла смачивания характерны при температурах выше 80 °С [3].

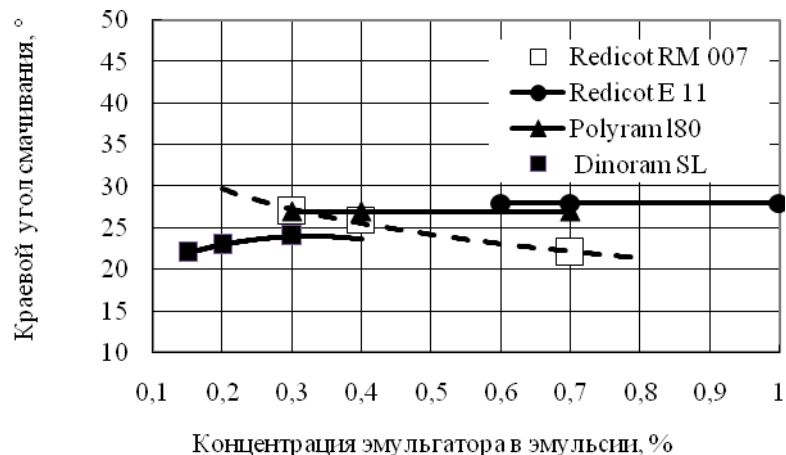


Рис. 2. Зависимость краевого угла смачивания эмульсиями поверхности стекла от концентрации эмульгаторов в их составе

Влияние концентрации и типа эмульгатора на прочность сцепления с поверхностью минеральных материалов битума, образовавшегося в результате распада эмульсии, оценивали по величине показателя сцепления с поверхностью щебня.

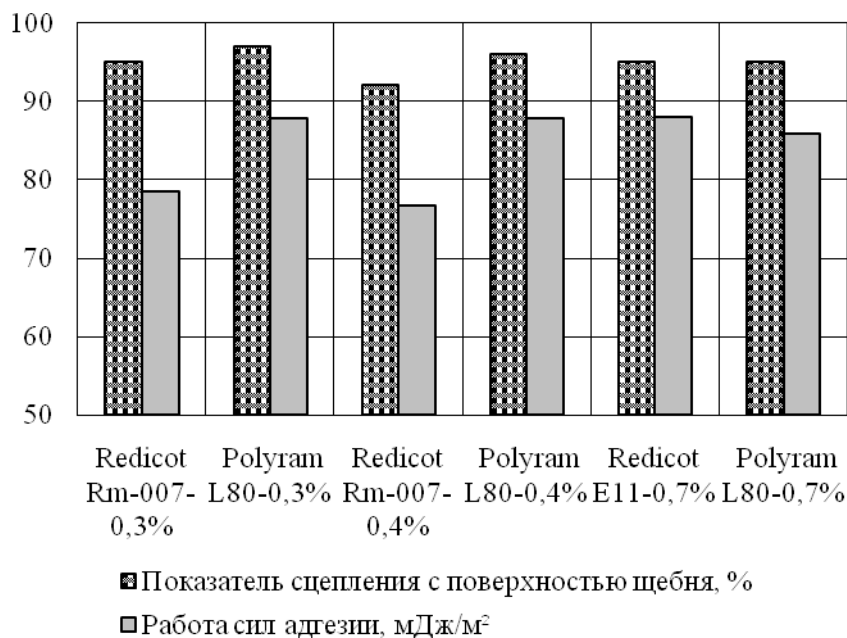


Рис. 3. Работа сил адгезии эмульсии и показатель сцепления с поверхностью щебня при разных концентрациях эмульгаторов

Кроме этого, на основании данных о поверхностном натяжении и краевом угле смачивания рассчитывали величину работы сил адгезии битумных эмульсий. Приведенные на рис. 3 данные свидетельствуют о достаточно умеренном изменении величины работы сил адгезии эмульсии и показателя сцепления битума с поверхностью щебня с увеличением концентрации эмульгатора в эмульсиях. При этом битумы, образующиеся в результате распада всех исследуемых битумных эмульсий, характеризуются высокими показателями сцепления с поверхностью гранитного щебня. Несколько большие значения работы сил адгезии и показателя сцепления свойственны битумным эмульсиям на эмульгаторе Polygam L80.

Скорость распада является важной технологической характеристикой битумных дорожных эмульсий. Известно, что при распаде битумных эмульсии на поверхности минеральных материалов сначала происходит адсорбция молекул кислоты и эмульгатора, а затем уже битума [4]. Очевидно, что величина адсорбции эмульгаторов из водных купажей на поверхности кварцевого песка может коррелировать с таким показателем физико-механических свойств катионных битумных эмульсий как индекс распада.

Для экспериментальной оценки процесса адсорбции эмульгаторов из водных купажей, предназначенных для приготовления эмульсий, использовали методику оценки адсорбции поверхностно-активных веществ на поверхности минеральных материалов [5]. В качестве адсорбента применяли частицы кварцевого песка фракции 0,315-0,14 мм. Концентрация адсорбента в водных купажах, приготовленных на основе разных эмульгаторов, составляла 20 % от массы раствора.

Экспериментально полученные концентрационные зависимости поверхностного натяжения водных растворов эмульгаторов до и после адсорбции на поверхности кварцевого песка представлены на рис. 4.

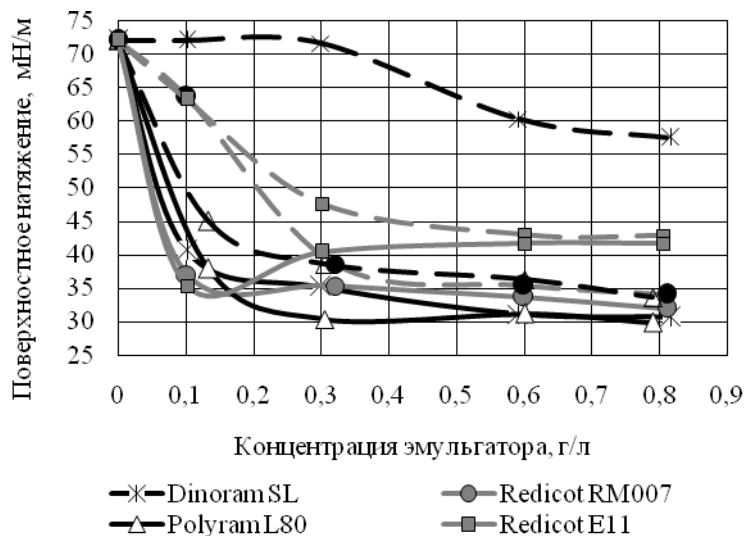


Рис. 4. Концентрационные зависимости поверхностного натяжения (сплошные линии – до адсорбции, штриховые – после адсорбции)

Из приведенных данных видно, что эмульгатору Dinoram SL характерно наибольшее изменение величины поверхностного натяжения после адсорбции, по сравнению с другими эмульгаторами.

На основе полученных результатов были построены изотермы адсорбции эмульгаторов из водных растворов на поверхности кварцевого песка (рис. 5). За величину адсорбции было принято количество эмульгатора, адсорбированное единицей массы песка.

Из приведенных зависимостей видно, что величина адсорбции эмульгаторов на поверхности кварцевого песка возрастает с увеличением их концентрации в водном купаже.

Эмульгатору Dinoram SL свойственна наибольшая величина адсорбции молекул на поверхности песка по сравнению с другими эмульгаторами, что может быть связано с различиями в их химическом составе.

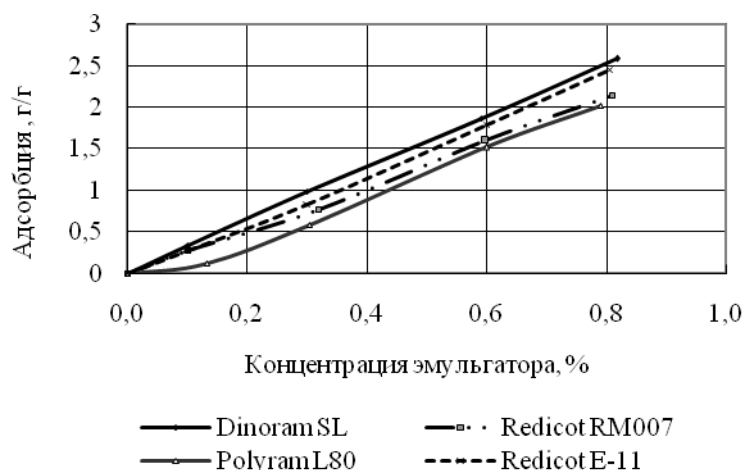


Рис. 5. Изотермы адсорбции

Полученные данные свидетельствуют о более высокой адсорбционной активности молекул эмульгатора Dinoram SL по отношению к поверхности кварцевого песка, по сравнению с другими эмульгаторами.

Сравнительные исследования величины индекса распада катионных битумных эмульсий и адсорбции эмульгаторов на поверхности кварцевого песка показывают (рис. 6), что чем больше значение величины адсорбции эмульгатора, тем меньше индекс распада эмульсий на поверхности кварцевого песка и, соответственно, больше их скорость распада.

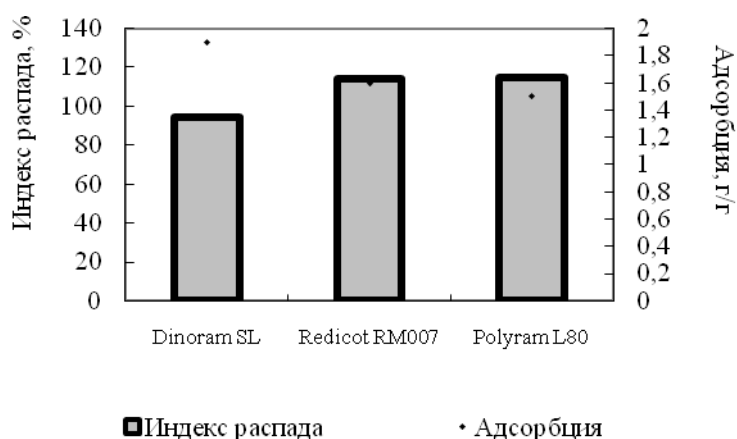


Рис. 6. Величины адсорбции эмульгаторов и индекса распада эмульсий на их основе

Выводы

Выполненные экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что поверхностное натяжение по сравнению с краевым углом смачивания минеральной поверхности является более чувствительным критерием, с помощью которого возможно оценивать эффективность катионных эмульгаторов разных производителей при приготовлении купажа для дорожных битумных эмульсий. Результаты показывают, что все принятые для исследований эмульгаторы эффективно снижают поверхностное натяжение водных купажей. Классический характер концентрационных зависимостей поверхностного натяжения купажей свидетельствует о наличии критической концентрации мицеллообразования, при которой наиболее эффективно происходит эмульгирование нефтяных битумов. Из исследованных эмульгаторов наиболее адсорбционно-активным по отношению к поверхности кварцевого песка является эмульгатор Dinoram SL.

Сравнительный анализ полученных данных свидетельствует о взаимосвязи термодинамических характеристик водных купажей и физико-механических свойств битумных эмульсий, приготовленных на их основе. Увеличение концентрации эмульгатора в составе купажа приводит к снижению поверхностного натяжения и показателя однородности эмульсии. Чем больше величина адсорбции эмульгатора из водного раствора на поверхности кварцевого песка, тем больше скорость распада битумной эмульсии, приготовленной на основе этого эмульгатора. Битумы, образующиеся в результате распада эмульсий, характеризуются высокими показателями сцепления с поверхностью гранитного щебня по сравнению с исходным битумом, что свидетельствует о высокой адгезионной активности всех исследуемых эмульгаторов.

Литература

1. Ф. Шерман. Эмульсии / Под ред. А.А. Абрамзона., Л.: «Химия». – 1972. – 448 с.
2. Жданюк В.К., Терлецька В.Я. Термодинамічні властивості катіонних бітумних емульсій // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, Київ, НТУ. – 2008. – Вип. 75. – С. 150-153.
3. Жданюк В.К. До питання про вплив походження кам'яних матеріалів на кути змочування їх поверхні / В.К. Жданюк, С.В. Єфремов // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1997. – № 54. – С. 107-110.
4. Кучма М.И. О распаде катионоактивных битумных эмульсий на минеральных материалах различной природы / М.И.Кучма // Строительство и эксплуатации дорог и мостов. – Киев, 1975. – С. 50-57
5. Михайлова И.В., Герашенко И.И. Адсорбция катионных ПАВ на высокодисперсном кремнезёме // Коллоидный журнал. – 2001. – Том 63. – № 4. – С. 482-485.