

УДК 625.878.06(571.17)

## ХИМИЗМ ПРОЦЕССА УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ

Я.Н. Покладий, студентка гр. СД-101, V курс

Научные руководители: А.В. Папин, к.т.н., доцент; С.А. Иванов, ассистент  
кафедры автомобильных дорог

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Проблема утилизации резинотехнических изделий и отработанных шин, особенно от карьерных автосамосвалов, актуальна для России, так как нагрузка на экологию регионов страны ежегодно возрастает. В то же время изношенные шины представляют собой продукцию полимер содержащих отходов, практически не подверженных природному разложению и при этом являющихся пожароопасными [1]. На сегодняшний день в Кемеровской области имеющиеся потенциальные возможности по переработке изношенных автомобильных шин явно превосходят реальную потребность, что заставляет переработчиков активно искать новые рынки сбыта своей продукции. Одним из наиболее перспективных путей является использование резиновой крошки в дорожном строительстве путем получения композиционных резинобитумных вяжущих, так как дорожное строительство является одним из наиболее материалоемких и при правильном подходе способно потребить большую часть продукцию резинопереработки.

Несмотря на имеющиеся в мире и России технологии получения и использования резинобитумных вяжущих, до сих пор в Кузбассе данные технологии не нашли своего массового применения, что обусловлено отрицательными результатами неоднократного строительства опытных участков [2]. Это обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований по получению и использованию качественных композиционных резинобитумных вяжущих для эффективного их применения в погодно-климатических условиях конкретного региона.

В соответствии с СП 34.13330.2012 [3] для обеспечения требуемой сдвигостойчивости и трещиностойкости асфальтобетона рекомендуется применять полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол (СБС), при этом температура размягчения должна быть не ниже 60...65°C, а температура хрупкости по Фраасу достигать минус 45°C в погодно-климатических условиях Кемеровской области [5]. Однако в соответствии с ГОСТ Р 52056-2003 [4] нормируемый показатель температуры размягчения по кольцу и шару для, например, ПБВ90 составляет не ниже 51°C, а температуры хрупкости по Фраасу – не выше

минус 25°C, т.е. интервал пластиичности ПБВ данной марки должен составлять не менее 76°C, в то время как требуемый интервал пластиичности для Кузбасса равен 105...110°C. Интервал пластиичности ПБВ на основе СБС может быть доведен до такого значения, однако содержание полимера в вяжущем должно быть порядка 4...5 %, что приведет к технологическим сложностям по растворению такого количества полимера и поддержанию однородности вяжущего во время транспортировки и хранения, повышению его вязкости и существенному росту стоимости, а также значительному снижению адгезионной способности.

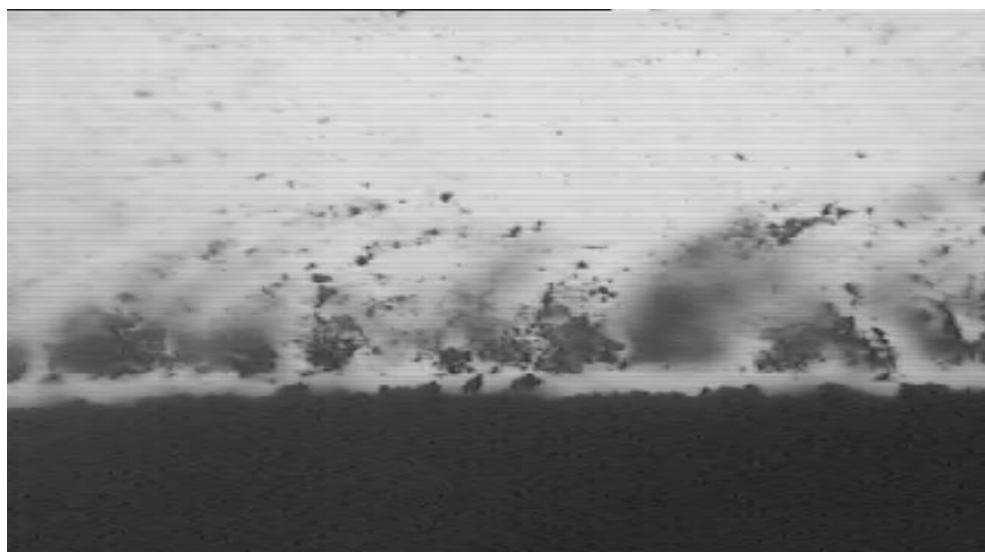
В источнике [17] говорится о том, что авторам фактически удалось приблизиться к границам интервала пластиичности в 90...95°C. Это меньше рекомендуемых показателей для Кемеровской области, но выше чем у исходного битума в 1,5 раза.

Высокие эксплуатационные показатели резинобитумного вяжущего получены благодаря использования «мокрого» способа – структурированию системы «резиновая крошка-пластификатор-битум» [6]. Разработанная технология позволяет получать стабильную пасту. Известно, что пасты – высококонцентрированные суспензии, обладающие структурой. Структура паст – это пространственная сетка, образованная частицами дисперсной фазы (резиновая крошка), в петлях которой находится дисперсионная среда (нефтяной битум). Можно сказать, что пасты занимают промежуточное положение между порошками и разбавленными суспензиями [16]. Так как пасты – структурированные системы, определяющим является их структурно – механические свойства, которые характеризуются такими параметрами, как вязкость, упругость, пластиичность. Пасты имеют коагуляционную структуру, поэтому их технологические свойства определяются, главным образом, механическими свойствами межчастичных жидких прослоек [8, 9]. Через эти прослойки действуют силы притяжения между частицами, зависящие от расстояния между ними (толщина прослоек) и обусловлена Ван – дер – ваальсовыми и водородными связями. Причем, прочность контакта могут уменьшать силы отталкивания между частицами, обеспечивающими агрегатную устойчивость суспензии, именно по этому структуры в агрегатно устойчивых суспензиях не образуются или, если и образуются, то очень непрочные.

На поверхности резиновой крошки происходит сорбция нефтяного битума, в связи с этим пластификатор может взаимодействовать лишь с свободными центрами поверхности резиновой крошки [7]. В этом случае взаимодействие молекул пластификатора с резиновой поверхностью в определенной степени затруднена адсорбцией битума. Вследствие этого, связывание пластификатора с поверхностью крошки в присутствии битума уменьшается. Из этого следует, что при получении битумного вяжущего – по факту представляющего собой пасту, происходит неполная стабилизация дисперсной системы пластификатором.

При неполной стабилизации дисперсной системы двойной электрический слой и сольватная оболочка частиц нарушается лишь частично, происходит слипание частиц в определенных местах, на участках поверхности не имеющих фактора устойчивости после стабилизации, т.е. в местах, где адсорбировался нефтяной битум. Образуется пространственная сетка, в петлях которой сохраняется дисперсионная среда (нефтяной битум). Образующаяся жидкостная прослойка между частицами, хотя и уменьшает прочность структуры, но придает ей некоторую пластичность и эластичность. Мелкие частицы резиновой крошки стабилизируются полностью. Это объясняется наличием более плотных слоев пластификатора на мелких частицах, что обуславливает их отталкивание и препятствует агрегации [13, 14, 15].

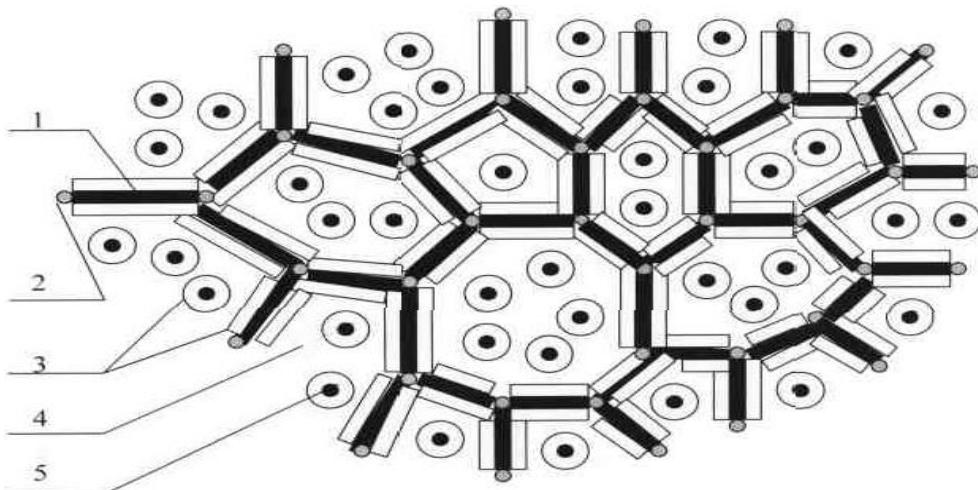
Эти предположения подтверждает фотография границы капли битумного вяжущего представленного на рисунке 1,



*Рис.1. Граница капли битумного вяжущего (увеличение в 42 раза)*

На фотографии видно, что более крупные частицы резиновой крошки находятся в “слепленном состоянии” между собой по участкам поверхности не имеющим фактора устойчивости после стабилизации, образуя микропетли содержащие внутри дисперсионную среду - битум [11]. Наиболее мелкие частицы резиновой крошки находятся в “не слепленном состоянии” и присутствуют как внутри микропетель так и в свободном состоянии и занимают наиболее “выгодное” для себя положение. Следовательно, можно предположить, что резинобитумное вяжущее по своей структурированной системе является гелеподобным или гелеобразным [12].

Таким образом, можно представить модель пространственной структуры битумного вяжущего (рис.2.).



*Рис.2. Модель пространственной структуры битумного вяжущего (плоскостная проекция): 1 – крупные частицы резиновой крошки; 2 – участки поверхности частиц, не имеющих фактора устойчивости; 3 – участки поверхности частиц, имеющие фактор устойчивости; 4 – петли структуры заполненные дисперсионной средой; 5 – мелкие частицы угля*

Таким образом, технологические свойства резинобитумного вяжущего обусловливаются совокупностью: молекулярным сцеплением частиц дисперсной фазы друг с другом в местах контакта, там, где толщина прослоек дисперсионной среды между ними минимальна (лишенных фактора устойчивости). В предельном случае возможен полный фазовый контакт. Коагуляционное взаимодействие частиц вызывает образование структур с выраженным обратимыми упругими свойствами; наличие тончайшей пленки в местах контакта между частицами[10]. Коагуляционные структуры отличаются резко выраженной зависимостью структурно – механических свойств от интенсивности механических взаимодействий. Никакие массообменные процессы в структурированных системах нельзя осуществить, не разрушив предварительно в них структуру. Разрушение пространственных структур в пастах – достаточно сложный процесс, характеризуемый тем, что по мере увеличения степени разрушения существенно изменяется и сам механизм распада структуры (например, перегрев пасты – начало пиролиза резиновой крошки и т.п.).

## Список литературы

1. Бизнес на утилизации [Электронный ресурс] // Строительный Кузбасс. - Режим доступа : [http://www.stroykuzbass.com/upload/iblock/c4d/business\\_na\\_utilizacii.pdf](http://www.stroykuzbass.com/upload/iblock/c4d/business_na_utilizacii.pdf). – Загл. с экрана.
2. Шабаев, С. Н. Влияние размера резиновой крошки на технологические параметры получения резино-битумного вяжущего [Текст] /

С. Н. Шабаев, С. А. Иванов, Е. М. Вахьянов // Молодой ученый, 2013. - № 2. – С. 75-77.

3. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* [Текст] / Минрегион России. – М., 2012.

4. ГОСТ Р 52056-2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия [Текст] / Госстандарт России. – М., 2003.

5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* [Текст] / Минрегион России. – М., 2012.

6. Полуянов А.Ф., Макотинский М.П. Перспективы производства полимерных материалов для строительства // Строительные материалы. - 1986. - №3.

7. Кириллова Л.Г., Филиппова А.Г., Охотина Н.А., Лиакумович А.Г., Самуилов Я.Д. Полимербитумные связующие на основе тройного этиленпропиленового синтетического каучука // Строительные материалы. - 2000. - №3.

8. Коренькова С.Ф., Давиденко О.В. Роль органоминеральных комплексов в структуре битумокомпозиционных вяжущих // Строительные материалы. - 1998. - №11.

9. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумов. - М.: Высшая школа, 1967.

10. Фролова М.К. Исследование влияния хлорпренового каучука (натрита) на структуру и структурно-механические свойства битумно-каучуковых композиций // Труды СоюздорНИИ. - М.: 1977. -№89.

11. Органические вяжущие для дорожного строительства / Руденская И.М., Руденский А.В., - М.: ИНФРА-М, 2010.

12. James E. Mark, Burak Erman, C. Michael Roland The Science and Technology of Rubber. Fourth Edition. – Oxford, – 2013. –786 p.

13. Smadja R., Deligne P. La mousse de bitumen // Rev. Generale des routes et des acrodromes, 1982. N587. P 72-75.

14. Bituminous binders for road construction and maintenance, 2007. Published by Sabita, pp: 13-18.

15. The use of Modifying Bituminous Binders in Road Construction, 2007. Published by the Asphalt Academy.

16. CHEN, J.S. and C.H. LIN, 1999. Construction of Test Road to Evaluate Engineering Properties of Polymer-Modified Asphalt Binders. International Journal of Pavement Engineering, 01 Feb 2007.

17. «Сборник материалов VI Всероссийской 59-й научно-практической конференции молодых ученых РОССИЯ МОЛОДАЯ 2014 [Электронный ресурс] // <http://science.kuzstu.ru> – Режим доступа: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2014/materials/pages/sections.htm> – Загл. с экрана.