

Ступак С. В., канд. хим. наук; Капустин В. М., д-р техн. наук
(Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва, Россия)
E-mail: SVStupak-Gubkin@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ВИДА ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВРЕМЯ КОМПАУНДИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ

Ключевые слова: битумы нефтяные; стирол-бутадиен-стирольный каучук (СБС); марки ДСТ Л 30-01 (линейная цепочка) и СБС Р 30-00А (радиальная цепочка); лабораторный смеситель с большим усилием сдвига модель Л5М-А; стандартный узел смешивания; специальная смесительная насадка «Дуплекс»; модифицированный битум; тестирование на однородность по пункту 6.1 ГОСТ Р 52056–2003.

Представлена возможность модифицировать различные нефтяные битумы термоэластопластами с применением лабораторного смесителя с большим усилием сдвига модели Л5М-А. Специальное программное обеспечение Data Logger позволяет зафиксировать время полного растворения модификаторов в нефтяных битумах. Увеличение температуры компаундирования со 120 до 150 °С сократило время смешивания в 1,2–3,2 раза. Растворение в битуме модификатора радиальной цепочки (структуры) происходит на 20 % дольше, чем модификатора линейной цепочки (структуры). Использование специальной смесительной насадки «Дуплекс» сокращает время полного растворения термоэластопластов в нефтяных битумах в 2,2–3,3 раза. Полученные образцы модифицированных битумов выдержали испытание на однородность по пункту 6.1 ГОСТ Р 52056–2003.

УДК 665.775

DOI: 10.32758/2782-3040-2024-0-0-00-00

Введение

В настоящее время в РФ ведется интенсивное строительство новых федеральных автомобильных дорог. Как следствие, требуется все большее количество нефтяного дорожного битума, модифицированного полимерами, так как именно он обладает улучшенными реологическими свойствами и наиболее востребован.

Известно, что наиболее эффективные модификаторы — это термоэластопласты. Впрочем, так как термоэластопласт обладает меньшими плотностью и гидрофобностью по отношению к ароматическим углеводородам вяжущего, чем битум, процесс «внедрения» первого в дисперсную структуру второго требует особого исполнения (компаундирования). Единственный эффективный смеситель для растворения термоэластопластов в разных марках битумов — это тот, что имеет ротор-статорный принцип работы. Зачастую такие смесители считают дезинтергаторами, или смесителями с большим усилием сдвига.

На повестке дня стоит вопрос разработки в лабораторных условиях инновационных технологий модифицирования различных нефтяных битумов разными добавками или сочетанием нескольких селективных добавок для удешевления получаемых конечных продуктов и повышения их качества.

Новая технология модификации, разработанная в лабораторных условиях, может быть успешно масштабирована на пилотной установке (производство небольших партий специальных композиций) и на промышленной установке периодического или непрерывного действия. Поэтому вопрос взаимосвязи конкретного вида термоэластопластов и температуры на время компаундирования в различных марках нефтяных битумов крайне актуален для промышленного производства.

Объекты и методы исследования

В результате для модификации нефтяных битумов термоэластопластами нами из всего ассортимента была выбрана лабораторная модель с высоким усилием сдвига, внешне напоминающая обыкновенный верхнеприводной смеситель.

Модель Л5М-А с высоким усилием сдвига оказалась полностью подходящей для наших задач. Благодаря электродвигателю мощностью 750 Вт она позволяет работать со скоростью вращения вала (по воде) 10 000 об/мин (по воде) и с образцами жидкости, имеющими максимальную вязкость 10 000 мПа · с. Лабораторный смеситель модели Л5 М-А представлен на рис. 1.



Рис. 1. Лабораторный смеситель модели L5M-A

На цифровом дисплее отображается или скорость вращения ротора вала, или величина потребляемого тока. Задавать изначальную скорость вращения вала ротора можно ручкой реостата. Через UPS-порт смеситель соединяется с персональным компьютером; таким образом фиксируют и регистрируют или скорость вращения ротора, или потребляемый ток электрическим двигателем во времени.

Ротор в стандартном узле смешивания остается постоянным. Он представляет собой нож из высококачественной нержавеющей стали с четырьмя лопастями специальной формы, имеющими тонкую заточку. Статором в данном случае является дезинтегрирующая насадка, имеющая прорези специальной формы для высоковязких жидкостей. С точки зрения гидродинамики стандартный узел смешивания работает следующим образом: за счет высокой скорости вращения происходит втягивание жидкого образца в центр узла, после чего центробежная сила отбрасывает образец к периферии узла смешивания, приводя к механическому перемалыванию. Это сопровождается сильным гидравлическим сдвигом, в результате которого образец выталкивается с высокой скоростью через отверстия статора к стенкам емкости. Эффект от выброса образца в горизонтальном (радиальном) направлении к стенкам сосуда и всасывания в узел смешивания новой порции создает постоянный циркулирующий процесс смешивания. В процессе работы стандартного узла смешивания на поверхности нет ненужных турбулентных движений. При этом наблюдается минимальное насыщение смеси воздухом.

Смеситель Л5М-А имеет специальную смесительную насадку «Дуплекс». Эта насадка также является дезинтегрирующим ротор-статорным узлом смешивания, выполняющим функции диссольвера. Насадка оборудована двумя ротор-статорными узлами, расположенными на разной высоте вала. Верхний ротор-статорный узел имеет крупнозубчатую дезинтегрирующую головку, нижний — мелкощелевую дезинтегрирующую головку. Лопастей верхнего узла направлены в противоположную от лопастей нижнего узла сторону. Такое расположение лопастей предполагает захват материала, находящегося на поверхности, и затягивание его в верхнюю головку для предварительного размола (до размеров крошки), в то время как нижняя головка поднимает со дна емкости материал для собственной обработки в целях более тонкого помола (солюбилизации). Таким образом, верхние слои жидкости вращаются в противоположную от нижних слоев жидкости сторону. Этот эффективный гидродинамический процесс обеспечивается турбулентным движением слоев жидкости и обязательным прохождением всего объема жидкости через два ротор-статорных узла насадки «Дуплекс».

В работе по компаундированию нефтяных битумов термоэластопластами мы использовали и стандартный узел смешивания, и специальную насадку «Дуплекс».

Специальное программное обеспечение (ПО) (data logger), разработанное именно для этой модели смесителя, делает его весьма ценным и удобным инструментом, применяемым в рамках модификации различных нефтяных битумов разными по природе модификаторами. Такое ПО позволяет отображать на мониторе ПК график зависимости скорости вращения смесительного узла и потребляемой мощности (в амперах) во времени и сохранять получаемые зависимости для дальнейшего анализа эксперимента. Наличие такого ПО исключительно важно для анализа кинетики всего процесса компаундирования, определения окончания данного процесса и обеспечения повторяемости.

Реостат на рабочей панели позволяет задавать изначальную требуемую скорость вращения вала ротора. Тахометр регистрирует скорость вращения вала ротора смесительного узла, выводя ее величину на цифровой дисплей. На нем также может отображаться величина потребляемого тока.

На начальном этапе, когда смесь неодинакова по вязкости во всем объеме емкости, наблюдается небольшой скачок скорости вращения вала ротора смесительного узла (или потребляемого тока), сигнализируя о начале перемешивания всей смеси. Далее осуществляется прогон всей смеси через стандартный узел смешивания (или «Дуплекс»), и к моменту завершения процесса и достижения одинаковой вязкости во всем объеме наблюдается плавное уменьшение скорости вращения вала ротора и потребляемого тока электрическим мотором. Зависимость скорости вращения вала ротора или потребляемого тока от времени выходит на горизонтальную линию. Это свидетельствует о том,

что процесс смешивания во всем объеме полностью завершился. Работу смесителя можно останавливать — для экономии времени экспериментального исследования и потребляемой электроэнергии.

На рис. 2 показан график, отображающийся на экране монитора ПК. Видны изменения потребляемого электрического тока мотором и скорости вращения вала ротора во времени при выполнении любого смешивания.



Рис. 2. Зависимость скорости вращения ротора двигателя и величины потребляемого тока от времени смешивания

Для упрощения интерпретации полученных экспериментальных данных процесса полной дезинтеграции и исключения влияния температуры, общего объема смеси, геометрических размеров емкости мы во всех экспериментах использовали одну и ту же емкость из высококачественной нержавеющей стали. Объем образцов всегда составлял 1 л (внешние размеры емкости: диаметр 12 см, высота 20 см). Объем и размер выбранной нами емкости позволял исследовать процесс смешивания как стандартным узлом смешивания данной модели смесителя, так и смесительной насадкой «Дуплекс». Смешивание проводили при температурах битума с модификатором 120, 140 и 150 °С. Подготовку к смешиванию нефтяных битумов (вяжущего) с модификаторами осуществляли следующим образом: в нагретый битум засыпали сверху требуемое количество модификатора, включали смеситель на оборотах 300 об/мин и перемешивали всё до тех пор, пока гранулы модификатора полностью не погружались в раствор. Затем смеситель останавливали.

При температуре 140 °С смесь выдерживали не менее 3 ч. За это время проходило так называемое набухание модификатора в нефтяных битумах (вяжущих). При всех экспериментах ручку реостата регулировки скорости вращения вала ротора изначально устанавливали в положение, соответствующее 3000 об/мин по чистой воде, и только потом включали само вращение.

Все эти процедуры позволили нам унифицировать процесс дезинтеграции всех смесей, чтобы выявить влияние природы модификатора, температуры и вида статорной насадки на сам процесс смешивания. Определяемое нами время окончания процесса дезинтеграции также можно сопоставлять для разных смесей нефтяных битумов (вяжущих) с модификаторами и применяемых видов ротор-статорных узлов.

В конце каждого смешивания мы отбирали пробу в соответствии с пунктом 6.1 (ГОСТ Р 52056–2003) для выполнения метода испытания на однородность.

Также мы продолжали проводить смешивание смесей после выхода на горизонтальную линию скорости вращения вала и потребляемого тока во времени. Это приводило только к нагреву самой смеси и никак не влияло на скорость вращения вала ротора. Температура смеси, как правило, увеличивалась на 10–15 °С. По нашему предположению, нагрев смеси после полной дезинтеграции происходит за счет классического трения слоев жидкости между собой или вращающегося смесительного узла — ротора — со слоями жидкости.

Экспериментально проводились различные исследования по определению оптимального времени смешивания разных смесей нефтяных битумов (вяжущего) и модификаторов [1–12].

Структурно-механические свойства образцы нефтяных битумов, которые были использованы в упомянутых процессах смешивания, представлены в табл. 1.

В качестве модификаторов битума использовался стирол-бутадиен-стирольный каучук (СБС, SBS) марок ДСТ Л 30-01 (линейная цепочка) и СБС Р 30-00А (радиальная или разветвленная цепочка) производства «Воронежсинтезкаучук». Ключевые технические показатели двух термоэластопластов представлены в материалах [13–15].

Таблица 1

Структурно-механические свойства образцов битумов применяемых при смешивании

№ п/п	Структурно-механические показатели	Битум дорожный, марка БНД 100/130	Битум дорожный, марка БНД 50/70	Битум строительный, марка БН 90/10 (ГОСТ 6617–76)
1	Глубина проникания иглы при 0 °С 0,1 мм (ГОСТ 33136–2014)	36	22	0
2	Глубина проникания иглы при 25 °С 0,1 мм (ГОСТ 33136–2014)	119	63	14
3	Температура размягчения, °С (ГОСТ 33142–2014)	44	52	102
4	Растяжимость при 0 °С, мм (ГОСТ 33138–2014)	4,8	4	0
5	Растяжимость при 25 °С, мм (ГОСТ 33138–2014)	78	64	3,4

Основная разница в строении двух этих веществ заключается том, что ДСТ Л 30-01 имеет неразветвленную молекулярную структуру, а СБС Р 30-00А — звездообразное молекулярное строение. В конечном счете это приводит к разнице влияния каждого из двух термоэластопластов на свойства модифицированных битумов, а также на гидродинамику и механизм их растворения в исходных битумах. Как известно, используемые термоэластопласты содержат двухфазные блок-сополимеры с твердыми и мягкими включениями. Блоки стирольных концов отвечают за термопластичность, а средние — за эластомерные характеристики. Именно эти два свойства термоэластопластов придают модифицированному битуму улучшение указанных свойств. Разница влияния двух упомянутых термоэластопластов на получаемые реологические и текстурные свойства компаундов заключается именно в линейности или радиальности цепей, которые по-разному внедряются в дисперсную структуру нефтяных битумов (вяжущих).

При рассмотрении полученных зависимостей достаточно легко выявить влияние вида модификатора и вида ротор-статорного узла на время полного процесса смешивания (дезинтеграции).

В настоящей статье в графическом виде представлены лишь некоторые экспериментальные данные по смешиванию.

На рис. 3 показаны зависимости скорости вращения вала ротора от времени для битума БНД 100/130 при добавлении в него 3 или 6 % масс. СБС Р 30-00А (радиальная цепочка) и использовании стандартного узла смешивания, а также узла смешивания «Дуплекс».

Красная линия на рис. 2 обозначает БНД 100/130 + 3 % СБС Р 30-00А (насадка «Дуплекс»), зеленая — БНД 100/130 + 3 % СБС Р 30-00А (стандартный узел смешивания), синяя — БНД 100/130 + 6 % СБС

Р 30-00А (насадка «Дуплекс»), черная — БНД 100/130 + 6 % СБС Р 30-00А (стандартный узел смешивания). Температура компаундирования 140 °С.

Время полной обработки образца при стандартном узле смешивания составляет 4,3 мин (3 %) и 5,7 мин (6 %). Время полной обработки образца при использовании узла смешивания «Дуплекс» составляет 1,7 мин (3 %) и 2,4 мин (6 %). Видим, что увеличение времени полного смешивания происходит за счет добавления модификатора, возрастающая с увеличением его концентрации.

На рис. 4 для наглядности принципиальной разницы в узлах смешивания представлены зависимости скорости вращения вала ротора от времени для битума марки БНД 50/70 с добавлением к нему 6 % масс. ДСТ Л 30-01 (линейная цепочка) и 6 % масс. СБС Р 30-00А при использовании и стандартного узла смешивания, и смесительной насадки «Дуплекс».

Красная линия на рис. 4 означает БНД 50/70 + 6 % масс. ДСТ Л 30-01 (линейная цепочка; стандартный узел смешивания), синяя — БНД 50/70 + 6 % масс. ДСТ Л 30-01 (линейная цепочка; смесительная насадка «Дуплекс»), зеленая — БНД 50/70 + 6 % масс. СБС Р 30-00А (радиальная цепочка; стандартный узел смешивания), черная — БНД 50/70 + 6 % масс. СБС Р 30-00А (радиальная цепочка; смесительная насадка «Дуплекс»). В данном случае смешивание проводили при 140 °С. Видим, что достижение постоянной скорости вращения (а значит, завершение полного процесса смешивания) происходит при использовании смесительной насадки «Дуплекс» примерно в 2,20–2,38 раза быстрее. Это объясняется лучшей гидродинамикой процесса смесительной насадки «Дуплекс» и, как следствие, ее более экономной работой по смешиванию.

Полученные экспериментальные зависимости на рис. 3 и 4 говорят о многом. На начальном этапе, когда смесь нефтяного битума и добавленного тер-

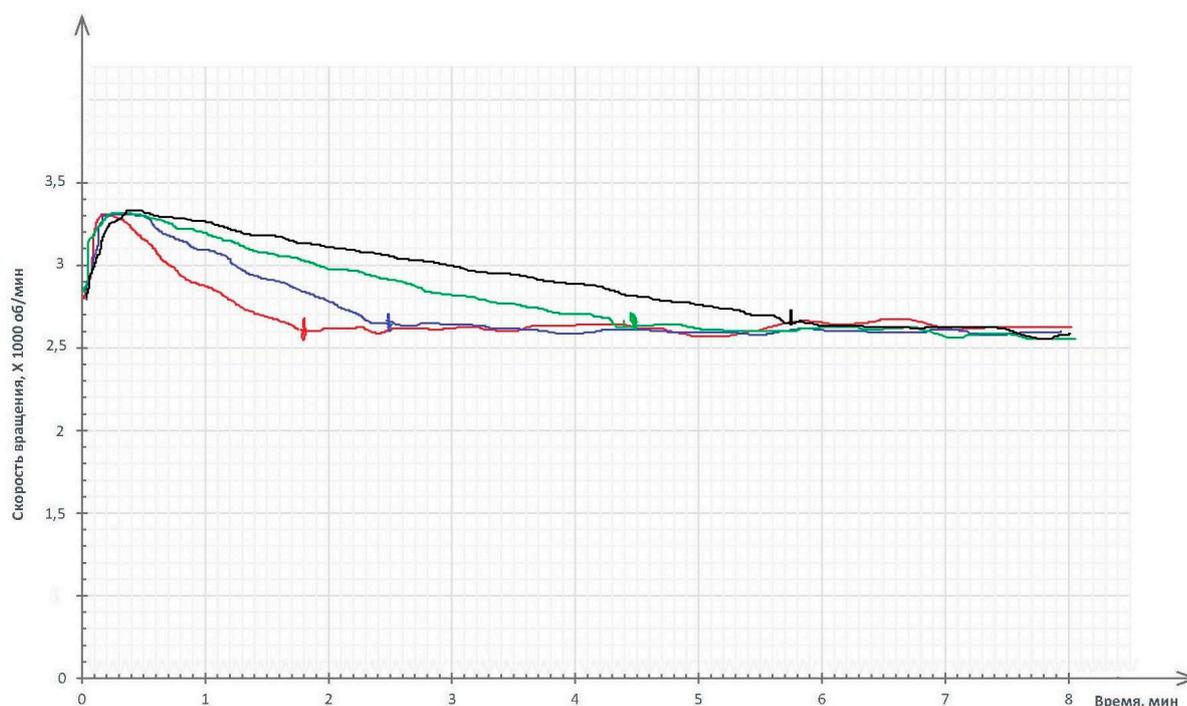


Рис. 3. Изменение времени вращения вала ротора во время смешивания

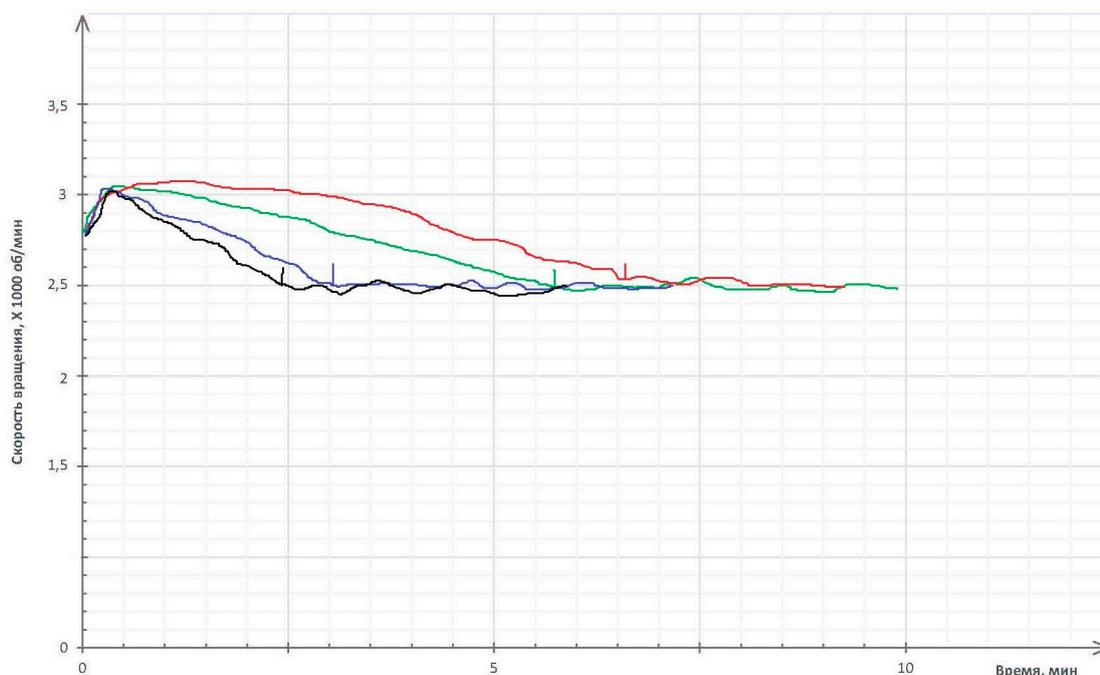


Рис. 4. Изменение времени вращения вала ротора во время смешивания

моэластопласта неравномерна и неодинакова по вязкости во всем объеме емкости (за счет не распределенных равномерно во всем объеме полимерных агломератов), наблюдается небольшой скачок скорости вращения вала ротора (потребляемого тока), сигнализируя о начале перемешивания всей смеси. Далее происходит прогон всей смеси через смесительный узел. Осуществляются дробление и распределение агломератов полимера (кусков агломератов, асфальтеновых цепей) во всем объеме. Постепенно вязкость всей смеси становится одинаковой. Происходит плавное уменьшение скорости вращения смесительного узла и потребляемого тока электрическим мотором. При полном дроблении и распределении термоэластопласта по всему объему смеси зависимость времени вращения вала ротора и потребляемого тока от времени выходит на горизонтальную линию. Время начала горизон-

тальной линии на графике — это время завершения полного смешивания.

В табл. 2 наглядно показаны данные по времени смешивания всех образцов при достижении ими постоянной вязкости (оценивали по постоянной скорости вращения вала ротора) с указанием вида ротор-статорного узла смешивания и испытанием полученной композиции на однородность. Последнюю оценивали согласно методике, изложенной в пункте 6.1 ГОСТ Р 52056–2003.

Данные табл. 2 показывают, что добавление к исходному образцу битума и повышение доли модификатора, выражаемой в массовых процентах, ведут к увеличению времени полного смешивания (вне зависимости от вида термоэластопласта). Добавление модификатора радиальной цепи к нефтяному битуму требует большего времени для полного смешивания, чем смешивание с модификатором,

Таблица 2

Структурно-механические свойства полученных образцов битумов при смешивании с различными условиями и модификаторами

№ п/п	Образец	Вид ротор-статорной насадки	Полное время смешивания до достижения постоянной вязкости, мин, при температуре, °С			Испытание на однородность по п. 6.1 ГОСТ Р 52056–2003
			120	140	150	
1	50 % БН 90/10 и 50 % БНД 100/130	Стандартный узел смешивания	10	5	4,6	Выдержал
2	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	4	1,7	1,5	»
3	БНД 100/130	Стандартный узел смешивания	4			Не выполнялось
4	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	1,2			»
5	БН 90/10	Стандартный узел смешивания	7			»
6	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	2,2			»

**Структурно-механические свойства полученных образцов битумов при смешивании
с различными условиями и модификаторами**

№ п/п	Образец	Вид ротор-статорной насадки	Полное время смешивания до достижения постоянной вязкости, мин, при температуре, °С			Испытание на однородность по п. 6.1 ГОСТ Р 52056–2003
			120	140	150	
7	БНД 100/130 + + 3 %масс. СБС Р 30-00А	Стандартный узел смешивания	5,5	4,3	4,0	Выдержал
8	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	2,9	1,7	1,4	»
9	БНД 100/130 + + 6 %масс. СБС Р 30-00А	Стандартный узел смешивания	6,5	5,7	5,5	»
10	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	3,5	2,4	2,1	»
11	БНД 100/130 + + 3 %масс. ДСТ Л 30-01	Стандартный узел смешивания	5,0	3,9	3,6	»
12	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	2,7	1,4	1,2	»
13	БНД 100/130 + + 6 %масс. ДСТ Л 30-01	Стандартный узел смешивания	6,0	5,1	4,9	»
14	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	3,0	2,0	1,8	»
15	БНД 50/70	Стандартный узел смешивания	5,5			Не выполнялось
16	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	1,9			»
17	БНД 50/70 + + 3 %масс. СБС Р 30-00А	Стандартный узел смешивания	8,1	6,8	5,3	Выдержал
18	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	4,3	3,9	1,7	»
19	БНД 50/70 + + 6 %масс. СБС Р 30-00А	Стандартный узел смешивания	8,4	7,2	5,6	»
20	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	4,8	3,5	2,1	»
21	БНД 50/70 + + 3 %масс. ДСТ Л 30-01	Стандартный узел смешивания	7,0	5,9	4,6	»
22	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	3,8	2,5	1,2	»
23	БНД 50/70 + + 6 %масс. ДСТ Л 30-01	Стандартный узел смешивания	7,6	6,4	5,0	»
24	»	Смесительная насадка «Дуплекс»	4,2	2,9	1,6	»
25	БН 90/10 + + 4,5 %масс. ДСТ Л 30-01	Стандартный узел смешивания	12,7	10,5	8,7	»
26	БН 90/10 + + 4,5 %масс. СБС Р 30-00А	»	14,9	12,8	10,1	»
27	БН 90/10 + + 6,5 %масс. ДСТ Л 30-01	»	14,0	12,2	10,0	»
28	БН 90/10 + + 5 %масс. СБС Р 30-00А	»	16,2	14	12,2	»

имеющим линейную структуру. По нашему убеждению, это объясняется тем, что требуются дополнительная энергия и время при смешивании на разрушение (разрезание) коротких боковых ответвлений у модификаторов радиальной цепи. Как известно, линейный модификатор имеет структурные звенья, соединенные последовательно в длинные цепи, а радиальный — дополнительные короткие боковые ответвления и в разных плоскостях.

Выводы

1. Растворение в битуме модификатора радиальной (разветвленной) цепочки (структуры) происходит несколько дольше, чем модификатора линейной цепочки (структуры). При одинаковых экспериментальных параметрах (объеме образцов, температуре, геометрических размеров емкости) увеличение происходило примерно на 20 % по времени. Это объясняется дополнительным временем и энергией, требуемыми для получения в композиции одинаковых по длине цепей обоих термоэластопластов.

2. Увеличение температуры смешивания нефтяных битумов с используемыми термоэластопластами со 120 до 150 °С сокращает время смешивания примерно в 1,2–3,2 раза в зависимости от исходной консистенции нефтяного битума и вида термоэластопласта.

3. Смеситель лабораторный с большим усилием сдвига погружного типа может применяться в лабораторной практике для разработки инновационных технологий модификации нефтяных битумов (вяжущих). Все полученные в данной работе композиции после полного смешивания выдержали испытание на однородность по методике, изложенной в пункте 6.1 ГОСТ Р 52056–2003.

4. Применение лабораторного смесителя модели Л5М-А с большим усилием сдвига со специальным программным обеспечением (ПО) позволяет значительно упростить работу по определению времени окончания смешивания при достижении полной дезинтеграции добавленного термоэластопласта и распределения его во всем объеме.

5. Использование специальной смесительной насадки «Дуплекс» сокращает время достижения полного растворения термоэластопласта в нефтяных битумах в 2,2–3,3 раза в зависимости от консистенции исходных образцов. Это объясняется наличием более эффективного гидродинамического процесса смешивания у насадки «Дуплекс», чем у стандартного узла смешивания.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52056–2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия.
2. ГОСТ 33133–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования.
3. Абдуллин А. И., Емельянычева Е. А., Усманов Т. К., Марков В. Ю. Обзор современных установок по производству модифицированных полимерами

битумных вяжущих // Вестник технологического университета. 2013. Т. 2, № 2. С. 117.

4. Галкин А. В., Пыриг Я. И. Битумы малой пенетрации, модифицированные стирол-бутадиен-стиролом // Вестник ХНАДУ. 2018. Вып. 83. С. 5.

5. Поликарпов В. М., Ушаков Н. В., Разумовская И. В., Антипов Е. М. Влияние бокового обрамления некоторых поликарбосилоанов на их структуру и температурное поведение // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 2001. Т. 43, № 9. С. 1506–1512.

6. Сапов А. В., Зимнухов А. Н., Ярцев В. П. Структура и эксплуатационные характеристики битумов // Вопросы современной науки и практики / Университет им. В. И. Вернадского. 2017. № 2 (64). С. 181.

7. Платэ Н. А., Шибаяев В. П. Структура и физические свойства гребнеобразных полимеров // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 1971. Т. XIII, № 2. С. 2005.

8. Бирштейн Т. М., Амосков В. М. Полимерные щетки // Высокомолекулярные соединения. Сер. С. 2000. Т. 42, № 12. С. 2286–2327.

9. Бирштейн Т. М., Амосков В. М., Меркурьева А. А. [и др.]. Полимерные щетки в многокомпонентном растворителе / Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 2005. Т. 47, № 5. С. 795–820.

10. Амосков В. М., Бирштейн Т. М., Беляев Д. К. Влияние сдвигового потока на конформацию полиэлектролитных щеток // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 2007. Т. 49, № 7. С. 1267–1278.

11. Бикмухаметова Г. К., Емельянычева Е. А., Абдуллин А. И., Сибгатуллина Р. И. Битумные материалы в дорожном строительстве. Применение водобитумных эмульсий // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18, № 20. С. 128.

12. Инструкция компании производителя по работе лабораторного смесителя с большим усилием сдвига модели Л5М-А.

13. Паспорт безопасности вещества СБС Р 30-00А.

14. Паспорт безопасности вещества ДСТ Л 30-01.

15. Моисеев В. В. Термоэластопласты. М.: Химия, 1985. 184 с.

Stupak S. V., Kapustin V. M.

(Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia)

The Effect of the Type of Thermoplastic Elastomers and Temperature on the Compounding Time of Various Petroleum Bitumens

Keywords: petroleum bitumens; styrene-butadiene-styrene rubber (SBS); brands DST L 30-01 (linear chain) and SBS R 30-00A (radial chain); laboratory mixer with high shear force model L5M-A; standard mixing unit; special Duplex mixing nozzle; modified bitumen; homogeneity testing according to clause 6.1 of GOST R 52056–2003.

Abstract

The article presents the possibility of modifying various petroleum bitumens with thermoplastic elastomers using a laboratory mixer with a high shear force,

model L5M-A. Special Data Logger software allows recording the time of complete dissolution of modifiers in petroleum bitumens. Increasing the compounding temperature from 120 to 150°C reduced the mixing time by 1.2–3.2 times. Dissolution of a radial chain modifier (structure) in bitumen takes 20% longer than a linear chain modifier (structure). The use of a special Duplex mixing nozzle reduces the time for complete dissolution of thermoplastic elastomers in petroleum bitumen by 2.2–3.3 times. The resulting samples of modified bitumen passed the homogeneity test according to paragraph 6.1 of GOST R 52056–2003.

References

1. GOST R 52056–2003. Polymer-bitumen road binders based on block copolymers of the styrene-butadiene-styrene type. Technical conditions.
2. GOST 33133–2014. Public automobile roads. Viscous petroleum road bitumens. Technical requirements.
3. Abdullin A. I., Emelyanycheva E. A., Usmanov T. K., Markov V. Yu. Review of modern installations for the production of polymer-modified bitumen binders // Bulletin of the Technological University. 2013. Vol. 2, No. 2. P. 117.
4. Galkin A. V., Pyrig Ya. I. Low penetration bitumens modified with styrene-butadiene-styrene // Bulletin of KhNADU. 2018. Vol. 83. P. 5.
5. Polikarpov V. M., Ushakov N. V., Razumovskaya I. V., Antipov E. M. The influence of the lateral framing of some polycarboxylates on their structure and temperature behavior / Macromolecular Compounds. Ser. A. 2001. Vol. 43, No. 9. Pp. 1506–1512.
6. Sapov A. V., Zimnukhov A. N., Yartsev V. P. Structure and operational characteristics of bitumen // Issues of Modern Science and Practice / University named after V. I. Vernadsky. 2017. No. 2 (64). P. 181.
7. Plate N. A., Shibaev V. P. Structure and physical properties of comb-shaped polymers // Macromolecular Compounds. Ser. A. 1971. Vol. XIII, No. 2. P. 2005.
8. Birshtein T. M., Amoskov V. M. Polymer brushes // Macromolecular Compounds. Ser. C. 2000. Vol. 42, No. 12. Pp. 2286–2327.
9. Birshtein T. M., Amoskov V. M., Merkuryeva A. A. [et al.]. Polymer brushes in a multicomponent solvent // Macromolecular Compounds. Ser. A. 2005. Vol. 47, No. 5. Pp. 795–820.
10. Amoskov V. M., Birshtein T. M., Belyaev D. K. The influence of shear flow on the conformation of polyelectrolyte brushes // Macromolecular Compounds. Ser. A. 2007. Vol. 49, No. 7. Pp. 1267–1278.
11. Bikmukhametova G. K., Emelyanycheva E. A., Abdullin A. I., Sibgatullina R. I. Bituminous materials in road construction. Application of water-bitumen emulsions // Bulletin of the Technological University. 2015. Vol. 18, No. 20. P. 128.
12. Instructions from the manufacturer for the operation of the laboratory mixer with high shear force, model 13. Safety data sheet for the substance SBS R 30-00A.
14. Safety data sheet for the substance DST L 30-01.
15. Moiseev V. V. Thermoplastic elastomers. M.: Chemistry, 1985. 184 p.