

числе твердых бытовых отходов) без операции сортировки с получением неорганических материалов, пригодных для повторного использования в хозяйственной деятельности. Также применение установки позволяет снизить выбросы углерода при альтернативном сжигании исходных отходов, пригодных для утилизации на предлагаемой установке способом пиролиза. Таким образом, предлагаемая установка является техническим средством (средством производства) таких современных направлений хозяйствования, как циклическая экономика и зеленые проекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суконкин С. Е. Современный экономически выгодный и экологически безопасный способ утилизации металлокорда. // Современные проблемы науки и образования. Сборник научных трудов. Политех-пресс, СПб, – 2025, с. 18–21.

УДК 665.775.5.038:665.334.94

М. В. Дуброва, аспирант,

А. О. Шрубок, канд. тех. наук, доц. (БГТУ, г. Минск);

А. И. Вилькоцкий, канд. тех. наук, ведущий инженер НИЛ керамических материалов и стекла (ГП «Институт НИИСМ», г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ, СОДЕРЖАЩИХ БИОКОМПОНЕНТЫ

Для улучшения низкотемпературных свойств нефтяного битума, повышения его устойчивости к воздействию температур и кислорода воздуха применяют различные пластификаторы [1]. Такой способ позволяет добиться лучшей совместимости полимерного модификатора с битумной матрицей, а также обеспечить требуемую пластичность и удобоукладываемость асфальтобетонной смеси.

Постепенное истощение запасов нефти, ухудшение ее качества обуславливает рост исследований, направленных на применение возобновляемого растительного сырья в производстве органических вяжущих. Технические растительные масла хорошо совместимы с битумами и могут выступать в качестве пластифицирующих добавок, улучшая их пластичные и адгезионные свойства и повышая термоокислительную стабильность вяжущих. Существующие исследования [2] показали, что применение растительных масел в качестве компонентов вяжущих обеспечивает снижение затрат на производство асфальтобетонной смеси за счет уменьшения температуры укладки и энергопотребления. В ходе ранее проведенных исследований [3, 4] в

области применения растительного сырья в производстве битумов было установлено, что введение масла в качестве пластификатора улучшает вязкостные и эксплуатационные характеристики вяжущих, а также ингибирует процессы окисления. Приготовление асфальтобетонной смеси осуществляют при 150–180°С при воздействии кислорода воздуха, поэтому важно изучить влияние длительного воздействия температуры на вяжущие, содержащие биокомпоненты.

Целью работы являлось установление влияния технологических параметров процесса получения полимерно-битумных вяжущих, содержащих биокомпоненты, на их эксплуатационные свойства и структуру.

Объектам исследования выступали полимерно-битумные вяжущие (ПБВ), полученные модификацией нефтяного битума марки БНД 70/100 сополимерами типа СБС марки SBS L 30-01 в количестве 3,5% мас. в присутствии рапсового масла в количестве 3–7% мас. при различной температуре и продолжительности приготовления.

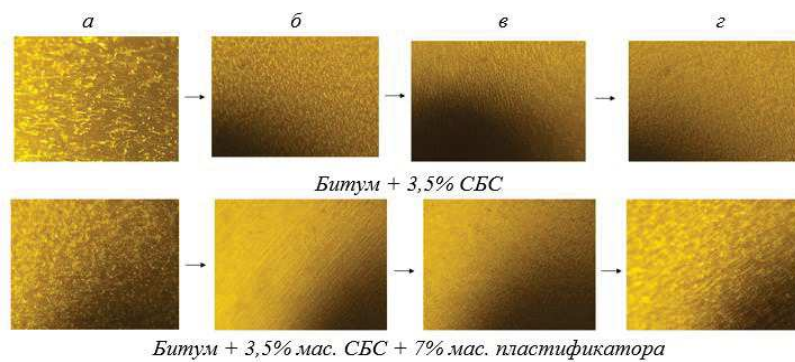
Наличие в составе вяжущего растительного масла сказывается как на свойствах, так и структуре полимермодифицированных вяжущих. Так как процесс приготовления асфальтобетона осуществляют при температуре 165–180°С, на первом этапе работы была поставлена задача изучить влияние крайних температур получения вяжущих на их основные эксплуатационные свойства: температура размягчения, температура хрупкости, пенетрация при 25°С, динамическая вязкость при 135°С.

Определено, что температура смешения оказывает существенное влияние на свойства получаемых вяжущих. Установлено, что с увеличением температуры приготовления смеси наблюдается возрастание температуры размягчения органических вяжущих. Так, температура размягчения полимерно-битумного вяжущего, содержащего 5% мас. рапсового масла и 3,5% мас. полимерного модификатора, выше на 4,5°С, чем температура размягчения вяжущего такого же состава, но полученного при более низкой температуре. С увеличением температуры получения полимерно-битумных вяжущих также характерно получение материала с более низкими значениями пенетрации. Так, для модифицированных вяжущих, содержащих полимер в количестве 3,5% мас. и рапсовое масло в количестве 3–5% мас., пенетрация при 25°С ниже на 10–17%, чем для этого же состава, но полученного при более низкой температуре (165°С). Приготовление модифицированных вяжущих при низких температурах позволяет получить смесь с более низкой динамической вязкостью, что может облегчить процесс смешивания битума с минеральным наполнителем, а также снизить температуру укладки асфальтобетонной смеси.

Было изучено влияние длительности процесса получения би-

тумных вяжущих, а именно процесса «дозревания», на их эксплуатационные характеристики. Технологический этап «дозревания», который проводится в более мягких условиях, чем основной этап смешивания (снижение температуры на 20–25°C, снижение числа оборотов лопастной мешалки в 2 раза), направлен на достижение термодинамического равновесия в системе. В этот период (30–90 минут) происходит окончательное набухание и распределение полимера, в результате чего в объеме битума формируется стабильная пространственная полимерная сетка. Было установлено, что «дозревание» практически не влияет на эксплуатационные свойства битумных вяжущих, но оказывает влияние на его структуру.

Структура вяжущих, полученных при разной температуре и времени приготовления, была изучена методом люминесцентной микроскопии (рисунки 1, 2). Установлено, что битумные вяжущие, содержащие в качестве пластификатора рапсовое масло, характеризуются более однородной структурой. Диспергирование и распределение полимера в битуме в данном случае происходит значительно быстрее. После двух часов перемешивания (рис. 1а, рис. 2а) полимер находится в виде не полностью растворенных сгустков и формирования однородной структуры вяжущего не происходит. Установлено, что уже в первые полчаса «дозревания» происходит набухание полимерных частиц, вытягивание их в нити и начало формирования сплошной фазы.



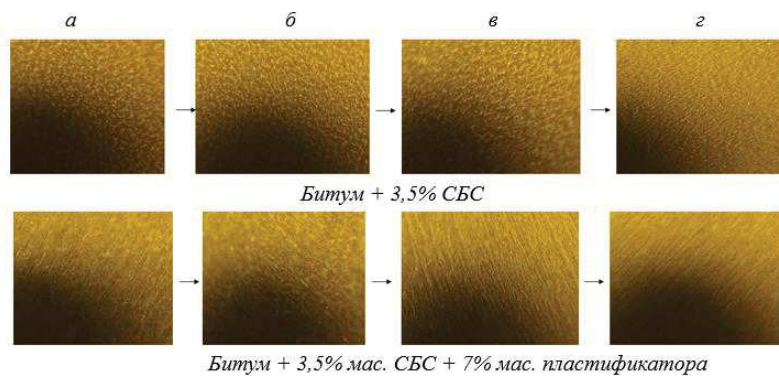
а – 120 минут перемешивания

Продолжительность дозревания: б – 30 минут, в – 60 минут, г – 90 минут

Рисунок 1 – Структура битумных вяжущих, полученных при 180°C

Определено, что для равномерного распределения полимера в присутствии пластификатора процесс дозревания должен составлять 30–60 минут при температуре смешения 180°C.

Установлено, что при более низкой температуре процесса получения вяжущих для получения однородной структуры битумов продолжительность дозревания должна составлять 60–90 минут, что на 30 минут больше, чем при 180°C.



Битум + 3,5% мас. СБС + 7% мас. пластификатора

а – 120 минут перемешивания

Продолжительность дозревания: б – 30 минут, в – 60 минут, г – 90 минут

Рисунок 2 – Структура битумных вяжущих, полученных при 165°C

Таким образом, установлено, что температура приготовления вяжущих оказывает значительное влияние на конечные свойства вяжущих. Повышение температуры приготовления на 15°C интенсифицирует процессы термоокислительного старения, что приводит к увеличению температуры размягчения на 3–5°C, снижению пенетрации на 10–17% и повышению динамической вязкости. Выявлено, что этап «дозревания» не приводит к изменению характеристик вяжущих, но необходим для завершения процессов структурообразования полимера в битумной матрице.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ № ФФ 25- 095.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дуброва, М. В., Шрубок, А. О. Изучение влияния рапсового масла на старение битума методом ИК-спектроскопии // Труды БГТУ. Сер. 2. № 2 (295). С. 50–56.
2. Zvereva, A. E., Ershov, M. A. Biomass valorization toward sustainable bio-oil obtained by pyrolysis of lignocellulosic raw materials for bitumen modification // Process Safety and Environmental Protection. Vol. 188. 2024. P. 251–267.
3. Дуброва, М. В., Шрубок, А. О. Применение льняного масла при модификации нефтяных битумов // Тезисы докладов X Международной научно-технической конференции «Альтернативные источники сырья и топлива». Минск, 2025. С. 34.
4. Дуброва, М. В. Изучение влияния сырого таллового масла на качественные характеристики битума / М. В. Дуброва. А. О. Шрубок // Технология органических веществ : материалы 88-й науч.-технич. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 2024. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 37–39.