

Наиболее широкой сферой применения битума и его композиций является дорожное строительство [1]. Все дорожные асфальтобетонные покрытия включают два основных компонента: битум и каменный материал. Битум, составляющий 4-7% дорожного покрытия, выполняет функцию вяжущего между различными звеньями щебеночного скелета, создавая достаточную внутреннюю когезию в асфальтобетонном покрытии. Поэтому, важным является обеспечение хорошей адгезии битума с поверхностью каменного материала. Известно, что производимые в стране битумы имеют узкий (60-65°C) интервал пластичности и невысокую адгезию к каменным материалам [2, 3], что негативно сказывается на качестве дорожного асфальтобетона, предназначенного для строительства автомобильных дорог. Стремление расширить ассортимент органических вяжущих и улучшить свойства вяжущего в различных направлениях стимулирует исследования по созданию композиционных материалов на базе побочных продуктов химической и других отраслей промышленности. В последнее время также уделяют большое внимание использованию возобновляемых ресурсов и материалов, в том числе и в дорожном строительстве. В качестве добавки в органическое вяжущее в дорожном строительстве могут применяться жидкие продукты термического разложения лигноцеллюлозной биомассы [4,21]. Применению продуктов термического разложения древесины в дорожных вяжущих и укреплению грунтов посвящено ряд работ ученых [5, 6]. Министерством транспортного строительства, Государственным всесоюзным дорожным научно-исследовательским институтом (СОЮЗДОРНИИ) разработаны методические рекомендации, которые допускают добавление пиролизных смол в качестве компонентов дорожных вяжущих, снижающих себестоимость [20]. Особенно данный подход актуален при вовлечении отходов лесного комплекса и использовании местных возобновляемых материалов в дорожном строительстве. Наибольший выход жидких продуктов (до 60% масс. [7,8,9,22]) осуществляется при быстром пиролизе - термическом разложении биополимеров в отсутствие окислительной среды при высокой (до 1000°C/сек) скорости нагрева и малом времени пребывания продуктов в реакционном пространстве [10,11, 12]. Исследовательские работы по применению жидких продуктов быстрого пиролиза, а также их фракций в дорожном строительстве проводятся рядом зарубежных исследователей в университете Айовы (США), а также специалистами компании BTG (Нидерланды) [13, 14]. Результаты исследований показали весьма многообещающую перспективу их использования в дорожном строительстве. Жидкие продукты быстрого пиролиза включают в себя множество соединений с различными свойствами, образующиеся в результате термического разложения основных биополимеров целлюлозы и лигнина. В частности они включают в себя как водорастворимые (низшие карбоновые кислоты, кетоны, альдегиды, гидроксиацетатальдегиды, ангидросахара,

сахара), так и водонерастворимые компоненты (смолы, полимеры, олигомеры лигнина, ароматические углеводороды и др.). Для применения в дорожных вяжущих большой интерес представляют соединения и полимеры, которые не подвержены вымыванию и растворению в воде. Содержащиеся в данных соединениях функциональные гидроксильные, метоксильные, карбонильные и карбоксильные группы потенциально увеличивают адгезию битумов к каменным материалам за счёт химического взаимодействия с основными группами карбонатных пород минеральной части асфальтобетона. Также данные соединения способны выступать в качестве ингибиторов процессов полимеризации за счёт их уменьшенной функциональности [16, 17]. Изменение свойств вяжущего в результате нагревания выражается главным образом в повышении вязкости. Длительный нагрев или нагрев при высокой температуре может вызвать глубокие изменения структуры вяжущего, нередко сопровождающиеся потерей вяжущих свойств. Существует много различных типов добавок, используемых в асфальтобетонных покрытиях для улучшения адгезионных свойств, но данные добавки не всегда имеют желаемый результат. В результате длительного нагрева наблюдаются значительные изменения свойств у более вязких битумов. Для подтверждения данного суждения были проведены исследования по влиянию циклических тепловых воздействий на адгезионную прочность битумного вяжущего модифицированного продуктами пиролиза древесины. Применение водонерастворимой фракции пиролизной жидкости (ПЖ) обеспечивает более полное обволакивание каменного материала, а также улучшает адгезию готового асфальтобетонного покрытия [18]. Как отмечалось в предыдущей работе оптимальное соотношение компонентов в смеси вяжущего составляет 10% пиролизной жидкости и 90% битума [18]. С целью оценки влияния температурного воздействия на адгезионную прочность были проведены аналогичные эксперименты по определению адгезионной прочности с образцами, которые подвергались циклическому температурному воздействию. В каждом цикле образцы нагревались в воздушной среде до температуры 120°C в течение 30 минут, затем охлаждались и стабилизировались в течение суток. После этого осуществлялся замер адгезионной прочности по методике [19, 18]. В ходе исследования было проведено 6 последовательных циклов нагревания и измерения адгезионной прочности. На рис. 1 показаны изменения адгезионной прочности в зависимости от циклов нагревания композиционного битумного вяжущего с применением водонерастворимой пиролизной жидкости. 10% 20% 100% 50% 0% 30% Рис. 1 - Адгезионная прочность образцов композиционного битумного вяжущего при циклическом тепловом воздействии для различных содержаний пиролизной жидкости Анализ полученных данных зависимостей показал, что при любых концентрациях модификатора и для контрольного битума при циклическом тепловом воздействии происходит нарастание

адгезионной прочности до максимума с последующим снижением. Максимум во всех случаях соответствует 3 циклу нагревания. После третьего цикла происходит снижение и стабилизация адгезионной прочности для образцов с содержанием до 30%. У образцов с содержанием пиролизной жидкости более 30% наблюдается тенденция снижения адгезионной прочности с увеличением циклов теплового воздействия. Более 50% пиролизной жидкости в вяжущем не стабилизирует окислительную способность, а ухудшает её. По всей видимости, это связано с тем, что соединения, входящие в состав модификатора, при концентрации до 30% оказывают ингибирующее воздействие на процесс полимеризации. При дальнейшем увеличении концентрации, по-видимому, происходит более интенсивное взаимодействие соединений, в том числе между собой, что приводит к осмолению и полимеризации смолы. Это в свою очередь, приводит к увеличению хрупкости вяжущего и снижению адгезионной прочности. Из полученных итоговых результатов исследований влияния циклов нагревания на адгезионные свойства видно, что все образцы с добавкой водонерастворимой части пиролизной жидкости до 30% имеют более высокую адгезионную прочность, чем контрольный образец в каждом цикле нагрева. Содержание модификатора более 30 % приводит к ухудшению свойств относительно контрольного образца уже после 3 цикла.