

Следующим этапом в разработках использования полимеров при приготовлении асфальтобетонных смесей в нашей стране стало использование резинобитумного вяжущего. Для его приготовления следует осуществлять смешивание в горячем состоянии нефтяных битумов с дробленой резиной, пластификаторами и структурирующими наполнителями. Данное вяжущее предназначено для приготовления асфальтобетонных смесей, герметизации швов и трещин при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог и аэродромов в качестве верхних слоев асфальтобетонных покрытий.

Резинобитумное вяжущее в зависимости от назначения подразделяют на следующие марки:

РБВ-А – готовое к применению для приготовления горячих асфальтобетонных смесей при устройстве верхних слоев асфальтобетонных покрытий;

РБВ-Д – получаемое в процессе приготовления горячих асфальтобетонных смесей при устройстве верхних слоев асфальтобетонных покрытий;

РБВ-Г – для получения вяжущего марки РБВ-Д в процессе приготовления горячих асфальтобетонных смесей;

РБВ-Т – готовое к применению для герметизации трещин и швов асфальтобетонных покрытий.

Резинобитумное вяжущее содержит битум и резиновую крошку по 40–45 % по массе и минеральный наполнитель 10–20 %. Положительным фактором использования РБВ является то, что данная технология не требует модернизаций асфальтобетонного завода.

В мировой практике встречаются разнообразные полимерные отходы, используемые для улучшения свойств асфальтобетонов. Так как при использовании модифицированных полимерных отходов в качестве модификатора вяжущего можно целенаправленно влиять на вязкость битума, как правило, в сторону увеличения, а вместе с этим и улучшать деформационную стойкость асфальтовых покрытий летом.

Используя модифицированное полимерное сырье, можно добиться улучшения усталостной долговечности и модуля упругости асфальтобетонных покрытий при меньшей толщине слоев по сравнению с традиционными покрытиями или при той же толщине слоя повысить срок службы покрытий в 1,5–2 раза.

Потенциал переработанных полимеров для улучшения эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий наглядно продемонстрирован в ряде стран. Однако необходимо провести объективное исследование практических преимуществ проектирования таких дорожных покрытий.

#### Список литературы

1 Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 09.04.2021, № 212.

2 ДМД 02191.2.041-2010. Рекомендации по приготовлению и применению асфальтобетонных смесей с полимерными наполнителями. – Минск : Белавтодор, 2010 – 17 с.

УДК 625.88

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ДЕРЕВЬЕВ НА ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ ТРОТУАРОВ

*М. В. БЕСПАЛОВА, А. Б. ИНДРИЛЮНАС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Сохранение и восстановление покрытия пешеходных зон для обеспечения их надлежащего состояния – это рутинная задача, с которой сталкиваются дорожные службы. Несвоевременное устранение дефектов покрытия снижает срок службы и увеличивает затраты на ремонт и реконструкцию. И чем дольше откладывается проведение работ по содержанию покрытия пешеходных зон, тем более дорогостоящие и трудоемкие работы потребуется выполнить по планам ремонта, вплоть до полного восстановления всех элементов покрытия. Оптимизация затрат может быть достигнута через своевременную реализацию профилактических и предупредительных мероприятий, направленных на устранение дефектов дорожного покрытия.

Основным фактором, вызывающим большинство дефектов, является потеря свойств по времени. Однако имеется и ряд других факторов, влияющих на долговечность дорожного покрытия пе-

пешеходных зон. Деформации могут быть вызваны различными причинами, такими как погодные условия, интенсивность движения, тип и качество материала покрытия, физико-механические свойства грунтов основания, качество уплотнения основания, а также другими внешними факторами [1]. В данном исследовании в качестве одного из таких факторов рассматривается воздействие корней деревьев на дорожное покрытие пешеходных зон.

Функции городских зеленых насаждений многообразны: снижение уровня шума и загрязнение воздуха, поглощение воды и снижение нагрузки с ливневых стоков, сохранение биоразнообразия, обеспечение положительного эстетического эффекта. Однако корневая система деревьев может вызывать значительные повреждения слоев дорожного покрытия в зависимости от их расположения, типа деревьев и характера распространения корневой системы.

По нормативам [2] посадка кустарников должна быть произведена на расстоянии 1 м, деревьев на расстоянии 1,5 м от края тротуаров и дорожек. Приведенные значения относятся к деревьям с диаметром ствола не более 0,5 м и должны быть, соответственно, увеличены для деревьев со стволом большего диаметра (от края ствола радиус приствольной лунки для деревьев со стержневой корневой системой – не менее 1 м, для деревьев с поверхностной корневой системой – не менее 2 м, от оси кустарников – не менее 1 м).

Из 600 уличных деревьев, обследованных в 2022–2023 годах в Центральном и Железнодорожном районах г. Гомеля, 24 % повреждали тротуары и 11,5 % – бордюры. Деревья, посаженные на тротуарах, нанесли значительно больший ущерб, чем деревья, высаженные на посадочных полосах. Деревья в посадочных полосах шириной более 2,5 м нанесли значительно меньший ущерб, чем деревья в полосах шириной менее 2,5 м. Наиболее серьезные повреждения дорожного покрытия обычно происходили в радиусе 2 м от основания ствола. Значительно больший ущерб был нанесен заасфальтированным тротуарам, чем вымощенным плиткой. Однако смещение и деформация отдельных тротуарных плиток чаще представляет угрозу безопасности для пешеходов.

Из древесных пород, которые исследовались, чаще всего встречалась береза, ива (пурпурная, ломкая шаровидная и др. разновидности), липа, клен, рябина, каштан, тополь и ясень. В Гомеле существует проблема – болезни конского каштана, вызванные нарушениями агротехники. Каштаны считаются среднеустойчивыми к почвенной засухе и энтомовам вредителям. Повреждаемость листовых пластинок воздушными загрязнителями составляет до 60 %, ослаблены 45 % посадок каштанов, 30 % обследуемых посадок каштанов в 2022 году ко времени написания статьи ликвидированы. Также выявлены инвазивные виды – робиния лжеакация, клен ясенелистный. Наибольший ущерб покрытия пешеходных зон был нанесен: корневой системой конского каштана, ясеня и клена; деревьями с диаметром 10–20 см (диаметр деревьев замерялся на высоте 1,3 м от уровня земли). Повреждения от корневой системы конского каштана были отмечены для деревьев диаметром более 20 см. Почти все повреждения были вызваны корнями диаметром более 10 см в диаметре.

Для определения величины горизонтального распространения корневых систем деревьев на исследуемой территории наиболее применимым является подход, основанный на оценке высоты и диаметра кроны дерева. Обычно размер корневой системы лиственных деревьев соотносится с объемом и диаметром кроны, но при исследовании были выявлены отклонения от средних значений до 3 раз в большую сторону. Радиус разрастания корней пород с диаметром кроны более 5 м примерно равен максимальной высоте дерева.

На развитие корневой системы влияют внешние условия (аэрация почвы, водный, температурный режим), а также приемы агротехники. Большое значение имеет и тип корневой системы: стержневая (вяз, сосна, ясень); мочковатая (береза, ива, липа); смешанная (рябина, клён, тополь). Наиболее благоприятные условия для роста поверхностных корней: смешанный тип корневой системы (стержневой корень развивается только в молодом возрасте, затем формируется поверхностная корневая система с мощными боковыми, горизонтальными корнями, уходящими далеко за пределы диаметра кроны и расположенными близко к поверхности почвы); высокий уровень грунтовых вод; аэрация грунтов.

Тротуарное покрытие в некоторых случаях может способствовать развитию корневой системы деревьев. Поверхностная корневая система деревьев, расположенная непосредственно под асфальтовым покрытием, может находиться в условиях, которые гораздо более благоприятны для их роста, чем те, в которых находятся более глубокие корни, так как температура может быть выше, а вода конденсируется, что делает почву особенно подходящей для роста корней. Трещины в покры-

тии повышают аэрацию почвы, что приводит к большему росту корней. В результате возникает взаимосвязь: рост корней приводит к разрушению дорожного покрытия, а разрушение покрытия способствует росту корней. Чем большую плотность имеет подстилающий грунт, тем выше вероятность того, что корни деревьев будут распространяться близко к поверхности, тем самым повреждая слои дорожного покрытия.

Для минимизации проблем, связанных с корневой системой деревьев и состоянием дорожного покрытия, необходимо собрать больше информации о повреждении дорожного покрытия в зависимости от вида дерева, его возраста, типа почвы, размера посадочной ямы, характеристик дорожного покрытия и развития корней. Такая информация может быть использована для улучшения выбора видов деревьев, методов их посадки, типов покрытия и режимов управления водно-температурным режимом, чтобы предотвратить или уменьшить ущерб, наносимый деревьями дорожному покрытию пешеходных зон и зон отдыха.

#### Список литературы

1 Беспалова, М. В. Эксплуатационные дефекты плиточного покрытия / М. В. Беспалова, А. Б. Индрилюнас // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. : в 2 ч., Гомель, 24–25 ноября 2022 / Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель, 2022. – Ч. 2. – С. 13–15.

2 ТКП 45-3.02-69-2007. Благоустройство территорий. Озеленение. Правила проектирования – Введ. 2007-12-20. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 20 с.

УДК 625.1

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЕННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*Д. И. БОЧКАРЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Одной из важнейших задач при эксплуатации сложно нагруженных технических объектов ответственного (и стратегического) назначения, к которым относятся железнодорожный путь, мосты, путепроводы, эстакады и т. д., является обеспечение безопасности. В общем случае прочность элементов таких конструкций и их ресурс задаются на стадии разработки и проектирования. Однако воздействие знакопеременных нагрузок, коррозионно-активной среды, колебаний температуры и других эксплуатационных факторов, а также наличие в материале технологических или эксплуатационных дефектов существенно снижают срок службы.

Для предотвращения перехода конструкции в предельное состояние, возникшее по вышеперечисленным причинам, необходимо осуществлять неразрушающий контроль (далее – НК), причём желательно в режиме реального времени.

В процессе эксплуатации верхнего строения железнодорожного пути или искусственного сооружения происходят накопления в материале усталостных повреждений, которые на начальной стадии развития оперативно не могут быть обнаружены техническими средствами основных методов НК. Вопрос о безопасной эксплуатации таких элементов возможно решить только с использованием средств НК, чувствительных к развивающимся дефектам, поскольку традиционные методы и средства дефектоскопии направлены на выявление уже имеющихся дефектов. Следовательно, задача выявления растущих прогибов, трещин и нарушений проектного положения элементов объекта контроля (далее – ОК), в том числе находящихся на начальной стадии развития, представляется особенно актуальной. Решение данной задачи возможно посредством применения акустических методов НК.

Акустические методы НК подразделяются на две группы – активные и пассивные. Активные методы основаны на излучении, приёме и анализе упругих колебаний (акустических волн), пассивные – только на приёме и анализе волн, возникающих при образовании дефекта, источником которых служит сам контролируемый объект.