

ющую при движении транспортных средств, в электрическую. Встроенные в дорожное покрытие пьезоэлементы способны улавливать давление, создаваемое колесами автомобилей, и преобразовывать его в электрический заряд. Эта энергия значительно снижает зависимость от традиционных источников питания и способствует созданию более автономных и энергоэффективных систем.

Кроме того, пьезоэлементы обеспечивают возможность мониторинга дорожной обстановки в режиме реального времени. Они фиксируют изменения давления, вызванные движением транспортных средств, что позволяет получать точные данные о количестве автомобилей, их скорости и весе. Такая информация становится незаменимой для выявления потенциально опасных ситуаций, например, перегрузки транспортных средств или скопления машин в определённых участках дороги. Благодаря этому можно оперативно принимать меры по регулированию трафика и предотвращению аварий. Ещё одним важным преимуществом является высокая долговечность и надёжность пьезоэлектрических материалов. В отличие от механических датчиков, которые имеют подвижные части и подвержены износу, пьезоэлементы представляют собой твердотельные устройства, не содержащие движущихся компонентов. Это значительно снижает необходимость в техническом обслуживании и ремонте, что особенно важно для элементов, встроенных в дорожное покрытие и подвергающихся постоянным нагрузкам и воздействию окружающей среды.

Интеграция пьезоэлементов с современными интеллектуальными транспортными системами открывает новые возможности для повышения безопасности на дорогах. С помощью таких систем можно своевременно предупреждать водителей о приближающихся опасностях и предотвращать их. Например, при обнаружении резкого торможения или скопления автомобилей пьезодатчики могут передавать сигнал на электронные табло или мобильные приложения, информируя участников движения и помогая избежать аварийных ситуаций.

Интеграция пьезоэлектрических элементов в дорожное покрытие – это перспективный подход к повышению безопасности на дорогах. Она открывает возможности для мониторинга в реальном времени, сбора энергии и интеллектуального управления трафиком. Долговечность пьезоэлементов, низкие эксплуатационные расходы и многофункциональность делают их идеальными для современной «умной» инфраструктуры. По мере развития технологий широкое внедрение пьезоэлектрических систем может значительно сократить количество аварий и повысить эффективность транспортных сетей в Республике Беларусь.

Список литературы

1 Сазанчук, Э. П. Анализ аварийности с участием диких животных на участках загородных дорог / Э. П. Сазанчук ; науч. рук. Н. И. Шишко // Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений : материалы IX Междунар. студ. конф. ; редкол. : С. Е. Кравченко (пред.) [и др.] ; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 585–587.

2 A novel composite multi-layer piezoelectric energy harvester / Q. Lu, L. Liu, F. Scarpa [et al.] // Compos. – 2018. – Vol. 201. – P. 121–130.

УДК 625.76

УЧЕТ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Н. Р. СМЕРНОВ

Дорожно-строительный трест № 2, г. Гомель, Республика Беларусь

Ремонтные мероприятия, реализуемые на сегодняшний день в дорожной отрасли, требуют корректировки в связи с потенциальными изменениями климатических параметров нашего региона. Климат определяет сроки начала и окончания дорожных работ, температурный интервал работы дорожной одежды, интенсивность разрушения дорожного покрытия и пр. Климатические параметры непостоянны. За прошедшие годы можно отметить тенденцию (рисунок 1) к превышению среднегодовой температуры над климатической нормой. Отклонения среднегодовой суммы осадков от климатической нормы носят несистемный характер – отмечается некоторое увеличение суммы осадков, сопряженное с неравномерным их выпадением [1].

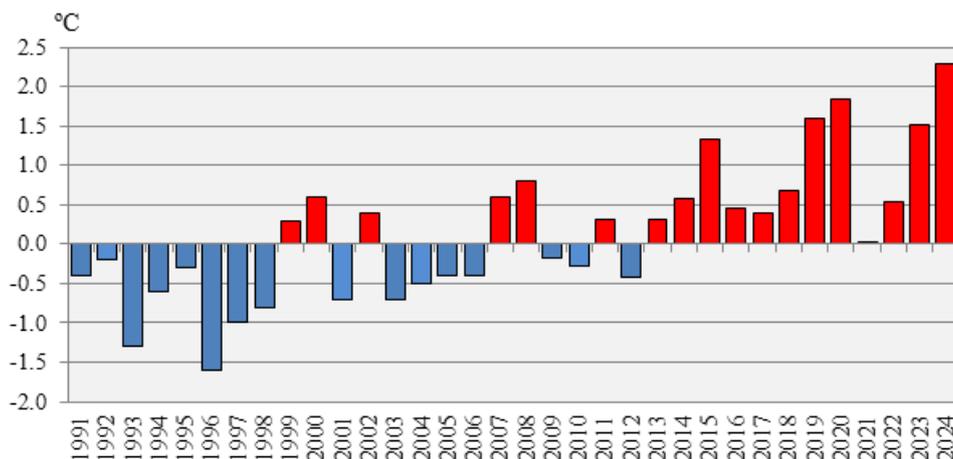


Рисунок 1 – Отклонение среднегодовой температуры воздуха от климатической нормы по Беларуси за период 1991–2024 гг.

В пространственном выражении в Республике Беларусь ожидается изменение границ агроклиматических областей и появление новых [2]. Максимальные и минимальные температуры воздуха одни из самых важных показателей с точки зрения оценки условий эксплуатации дорожной одежды. Прогнозируется смещение температурного интервала работы покрытия в сторону более высоких температур, но при этом величина этого интервала остается практически неизменной. Изменения температурных индексов представляют собой значительный вызов для дорожной отрасли. Учет этих изменений на всех этапах (от проектирования до ремонта) является не просто желательным, а необходимым условием для обеспечения устойчивого развития и минимизации рисков.

Применительно к дорожным асфальтобетонам такие условия вынуждают совершенствовать составы асфальтобетонных смесей, способных сопротивляться образованию пластических деформаций при более высоких летних температурах и хрупкому разрушению в период отрицательных температур. Среди многочисленных методов повышения надежности следует стремиться к использованию таких, которые существенно не усложняют и не изменяют технологические процессы, а также не требуют приобретения компонентов и установок за рубежом. Одним из доступных для практической реализации в существующих условиях методов считается модификация смесей резиновой крошкой.

Резиновая крошка в настоящее время используется в дорожной отрасли для приготовления резинобитумного вяжущего как основы асфальтобетонных смесей типа С и А, укладываемых в верхние слои покрытий на дорогах высоких категорий. Резиновая крошка обладает высокой эластичностью, позволяющей ей компенсировать деформации в покрытии. Взаимодействие с вяжущим сохраняет эту ценную особенность, повышая устойчивость к образованию трещин и растрескиванию. Твердое ядро резиновой крошки позволяет в некоторой степени повысить сопротивляемость возникновению пластических деформаций в летнее время. Для смесей типа Б и В, используемых на дорогах III и IV категорий, применение резиновой крошки в качестве модификатора перспективно.

Резиновая крошка может быть введена в смесь двумя способами – сухим и мокрым. Сухой способ предполагает введение крошки непосредственно в смеситель. Резиновая крошка частично плавится, образуя с битумом прочные связи, а твердое ядро становится дополнительным элементом структуры асфальтовяжущего. В научно-технической литературе информации о модификации асфальтобетонных смесей типа Б или В по сухому способу недостаточно. Можно отметить несколько исследований, которые демонстрируют схожий результат, а также исследования, основанные на использовании схожих по принципу действия добавок [3]. В зависимости от процентного содержания резиновой крошки изменяются прочностные характеристики асфальтобетона. Оптимальным содержанием резиновой крошки можно считать 0,5 % от массы минеральной части, так как пределы прочности на сжатие и раскол в данном случае максимальны.

Приготовление асфальтобетонной смеси ЦМБ_r с добавкой резиновой крошки сухим способом отличается незначительными изменениями от традиционной технологии. Отличие заключается в оснащении асфальтосмесительной установки отсеком для хранения и дозатором резиновой крошки (рисунок 2).

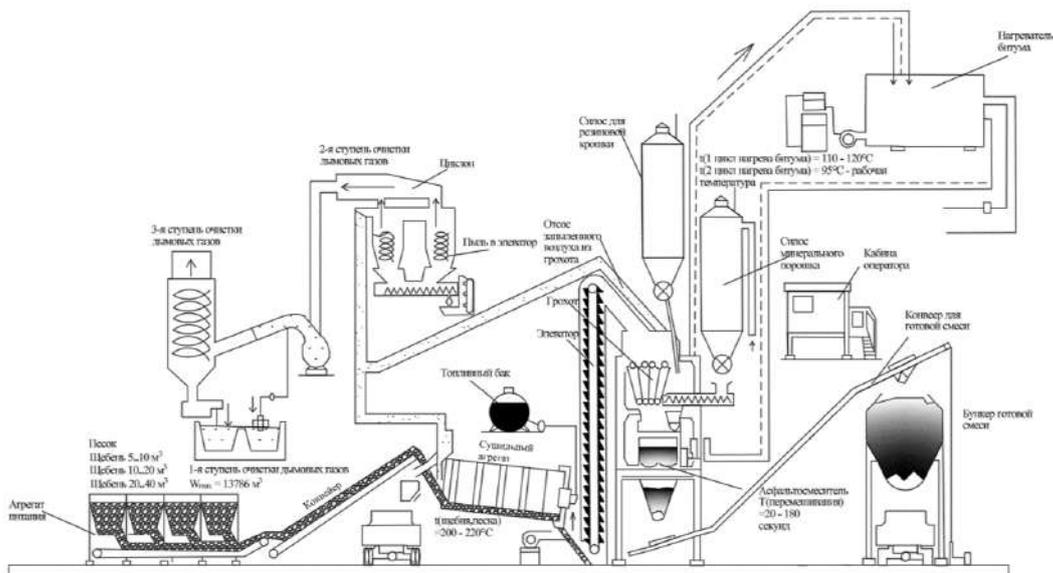


Рисунок 2 – Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси типа Б с добавкой резиновой крошки по сухому методу

Модификация смеси резиновой крошкой приводит к увеличению стоимости производства работ на 2,5 %. Эффективность предложенного варианта объективно может быть оценена на опытном участке, так как стандартные методы испытаний асфальтобетонов не в полной мере отражают реальную работу материала в покрытии.

Список литературы

- 1 Климатическая характеристика 2024 года // Pгода.by. – URL : <https://pogoda.by/information/news/22887> (дата обращения : 21.04.2025).
- 2 **Смирнов, Н. Р.** Изменение климатических характеристик и их влияние на дорожную деятельность в Республике Беларусь / Н. Р. Смирнов // Наука – транспортной инфраструктуре : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, студентов и учащихся колледжей, Гомель, 21 марта 2025 г. – Гомель : БелГУТ. – 2025. – С. 115–116. – EDN RGIFKO.
- 3 **Серова, О. В.** Анализ применимости современных технологий ремонта и борьбы с колееобразованием на дорогах / О. В. Серова, В. С. Герасимов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 10–1. – С. 102–106. – EDN WWHSCD.

УДК 625.142.44

ЗАВИСИМОСТЬ УСТОЙЧИВОСТИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛАХ ОТ СОПРОТИВЛЕНИЯ КРУЧЕНИЮ В УЗЛЕ АНКЕРНОГО РЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ

Е. В. СОЛОМАТИН

ООО «Технология 69», г. Москва, Российская Федерация

Одним из критериев, обеспечивающих устойчивость рельсошпальной решетки бесстыкового пути против выброса, является повышение сопротивления рельсовых плетей продольному перемещению. Это особенно важно для исключения образования локальных участков пути, на которых сосредоточены избыточные значения продольных напряжений, превышающих критические значения.

Элементом рельсошпальной решетки, который отвечает в том числе за уменьшение возможности продольных перемещений плети, является узел промежуточного рельсового скрепления. Степенью прижатия рельсовой плети к шпале в основном и определяется сопротивление продольному перемещению.

Данный вопрос подробно исследовал профессор А. Я. Коган [1, 2]. Предложенный им математический аппарат взят за основы при исследовании роли рельсового скрепления в повышении устойчивости бесстыкового пути.