

АЛС-ЕН позволяет точно контролировать движение поезда, обеспечивая ступенчатое снижение скорости при угрозе аварии.

– Оснащение переездов светодиодными полосами и табло обратного отсчёта для привлечения внимания водителей и пешеходов.

Светодиодные полосы, встроенные в дорожное покрытие, будут ярко сигнализировать пешеходам о приближении поезда, особенно в условиях плохой видимости. Табло обратного отсчёта покажет точное время до прибытия поезда, что позволит снизить вероятность импульсивных и рискованных действий, связанных с попыткой проскочить перед приближающимся поездом.

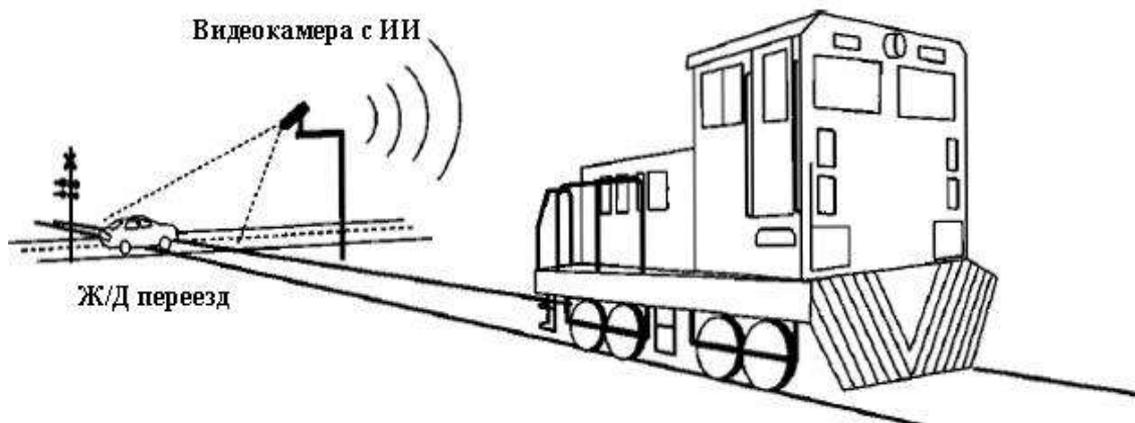


Рисунок 1 – Схема взаимодействия ИИ и управления движением на железнодорожном переезде

Таким образом, повышение уровня безопасности на железнодорожных переездах требует внедрения современных технологий, прежде всего систем, основанных на искусственном интеллекте. Использование ИИ обеспечивает своевременное выявление потенциально опасных ситуаций и их предотвращение, что существенно снижает влияние человеческого фактора на аварийность. Кроме того, такие системы могут интегрироваться с существующими средствами контроля, включая АЛС-ЕН, камеры видеонаблюдения и светодиодные индикационные устройства, создавая комплексный и скоординированный подход к управлению безопасностью. Применение подобного сочетания инновационных решений способствует значительному снижению числа дорожно-транспортных происшествий и повышению уровня защиты жизни и здоровья участников движения.

Список литературы

- 1 ГОСТ 33893-2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных переездах. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 01.11.2017. – М. : Стандартинформ, 2019. – 11 с.
- 2 Число ДТП на железнодорожных переездах в 2024 году снизилось на 20 % – РЖД // Официальный сайт ОАО «РЖД». – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?accessible=true&id=221157> (дата обращения: 22.03.2025).
- 3 ИИ расширяет функционал // Сайт «РЖД Цифровой». – URL: <https://rzddigital.ru/projects/ii-rasshiryayet-funktional/> (дата обращения: 26.03.2025).
- 4 Попов, П. А. Применение технологий искусственного интеллекта для железнодорожного транспорта / П. А. Попов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2024. – № 1 (65). – С. 38–41. – EDN ZYYQSL.

УДК 625.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Е. П. ХОДАН, Е. М. ЖУКОВСКИЙ, С. Е. КРАВЧЕНКО
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В настоящее время для определения прочностных качеств асфальтобетонных изделий используются разрушающие методы контроля, которые подразумевают прямое испытание стандартных образцов (кernов, вырубков) до разрушения. Это вызывает необходимость использования большого количе-

ства образцов, что снижает эффективность работы. Одним из путей решения данной проблемы могли бы стать неразрушающие методы контроля прочности асфальтобетона.

Определение прочности асфальтобетона неразрушающими методами – это комплекс подходов, позволяющих оценить механические свойства асфальтобетонного покрытия (в первую очередь – его прочность, модуль упругости, несущую способность) без повреждения или разрушения образца или дорожной конструкции. Такие методы особенно важны при обследовании действующих дорог, аэродромов и других объектов, где невозможно или нежелательно проводить разрушительные испытания.

На данный момент для асфальтобетона неразрушающие методы контроля прочности не используются, а получили свое распространение только неразрушающие методы контроля плотности. К таким методам можно отнести радиоизотопный метод определения плотности с помощью гамма-плотномера и электромагнитный, основанный на корреляции плотности и диэлектрических свойств асфальтобетона с учетом его температуры, импульсный метод, вибрационные методы, методы инфракрасной термографии и др.

На сегодняшний день наибольшее распространение в мировой практике получили два типа приборов определения плотности асфальтобетонов неразрушающими методами:

- приборы, основанные на использовании радиоактивного ионизирующего гамма-излучения (радиоизотопные плотномеры);
- приборы, основанные на корреляционной зависимости плотности асфальтобетона и его диэлектрической проницаемости.

Первые неразрушающие радиоизотопные плотномеры были разработаны в 1950-х годах и использовали проникающие свойства ионизирующего излучения через материал в качестве индикатора плотности [1]. Чем больше плотность материала, тем меньше проникает излучение и происходит его ослабление. Наибольшее распространение получил радиоизотопный плотномер 3440P ROAD READER производства компании TROXLER.

Измерение влажности асфальтобетона во время определения плотности имеет важное значение, так как сильно влияет на количество проникающих или отраженных гамма-лучей и, соответственно, полученную с помощью прибора плотность асфальтобетона.

Как правило одно измерение плотности длится 1–4 минуты.

Методика определения плотности асфальтобетона радиоизотопным плотномером нормирована в Российской Федерации [2] и в США [3].

В отличие от радиоизотопных плотномеров приборы, основанные на измерении диэлектрической проницаемости асфальтобетона (далее – плотномеры), получили свое распространение позже, с конца 1990-х годов. Наибольшее распространение в мире получили приборы, которые производит компания TransTech Systems (США). Все приборы этой компании в своем названии имеют индекс PQI, что расшифровывается как Pave Quality Indicator, или «индикатор качества асфальтобетонного покрытия». В основу работы плотномера положена фундаментальная зависимость плотности асфальтобетона от его диэлектрической проницаемости. Основой измерительной схемы плотномера являются источник электрического поля и его приемник. Также плотномеры PQI оборудованы инфракрасным термометром и измерителем влажности материала. При измерении плотности одновременно измеряются температура покрытия и его влажность и вносится поправка в измеренную плотность, так как влажность и температура оказывают сильное влияние на диэлектрическую проницаемость асфальтобетона.

Метод определения плотности с помощью плотномера нормирована в Российской Федерации [3] и в США [4, 5].

Метод импакт-эхо относится к импульсным методам акустической эмиссии и опирается на распространение упругих волн в испытываемой среде. В случае падения упругой волны на границу раздела сред с различным акустическим сопротивлением, при неперпендикулярном падении волны происходит ее разделение, часть энергии передается волной, отраженной от границы раздела сред, а часть проникает через границу в виде преломленной волны. Восприимчивость к отражению волн на границе раздела двух сред характеризуется коэффициентом отражения.

В методе импакт-эхо упругие волны генерируются в результате удара стального шарика о поверхность испытываемого элемента.

Перемещения частиц поверхности элемента, вызванные возвращением отраженных волн, регистрируются с помощью пьезоэлектрического датчика вибрации, расположенного в непосредствен-

ной близости от места возбуждения волн. Основным элементом оборудования является ударник со стальным сердечником. Применение данного метода эффективно для обнаружения дефектов бетонных плит, таких как расслоения, пустоты, трещины; измерения толщины бетонных плит; контроля качества сцепления между слоем свежесушеного бетона и слоем основания; определение глубины поверхностных трещин, в том числе заполненных водой. Однако для асфальтобетонных данный метод недостоверный.

Методы динамического нагружения также можно отнести к импульсным методам. При проведении испытаний используются динамические прогибомеры (например, FWD – Falling Weight Deflectometer), которые воздействуют на поверхность покрытия кратковременной ударной нагрузкой (например, падающим грузом) и измеряют реакцию покрытия – прогиб или ускорение. По величине прогиба и форме прогибограммы определяют модуль упругости асфальтобетонного слоя и несущую способность всей дорожной конструкции. Прочность косвенно оценивается через модуль деформации.

Радиометрические и диэлектрические методы применяются в основном для оценки однородности, толщины слоёв и влажности, но при наличии калибровочных зависимостей – и для косвенной оценки прочности. Измеряются электромагнитные характеристики материала (например, диэлектрическая проницаемость), которые коррелируют с влажностью, плотностью и, косвенно, с прочностью.

Методы инфракрасной термографии применяются в основном для диагностики дефектов, а не прямого измерения прочности. Анализ распределения температуры на поверхности позволяет выявить зоны с разной теплопроводностью, что может указывать на неоднородность структуры и, следовательно, на изменение прочностных характеристик [6].

Принципом действия ультразвукового метода является измерение скорости распространения ультразвуковых волн через материал. Скорость зависит от плотности, упругих свойств и целостности структуры. В настоящее время ультразвуковой метод не разработан для асфальтобетонных.

Список литературы

- 1 **Goel, A.** Nondestructive testing of asphalt pavements for structural condition evaluation: a state of the art / A. Goel, A. Das // *Nondestruct Test Eval.* – 2008. – Vol. 23, is. 2. – P. 121–140.
- 2 ГОСТ Р 58401.22-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Определение плотности слоя неразрушающими методами. – Введ. 07.06.2019. – М. : Стандартинформ, 2019. – 8 с.
- 3 ASTM D2950/D2950M. Standard Test Method for Density of Bituminous Concrete in Place by Nuclear Methods. – URL: <https://pdfcoffee.com/astm-d2950-pdf-free.html> (date of access: 12.09.2025).
- 4 ASTM D7113. Standard Test Method for Density of Bituminous Paving Mixtures in Place by the Electromagnetic Surface Contact Methods. – URL: https://store.astm.org/d7113_d7113m-10r16.html (date of access: 12.09.2025).
- 5 AASHTO T 343-12. Standard Method of Test for Density of In-Place Hot Mix Asphalt (HMA) Pavement by Electronic Surface Contact Devices. – URL: <https://informproekt.ru/docs/496051146/> (date of access: 12.09.2025).
- 6 **Глушков, С. П.** Выявление дефектов в усиленных композиционными материалами конструкциях методом инфракрасной термографии / С. П. Глушков, Л. Ю. Соловьев, Н. Е. Борисовская // *Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения.* – 2015. – № 4 (35). – С. 36–42.

УДК 623.1/7

ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ГОРНЫХ ПЕРЕВАЛАХ

М. Н. ХОДЖАКУЛОВ

Андижанский государственный технический институт, Республика Узбекистан

Построенные участки автомобильной дороги «Ташкент – Ош» (116–195 км) и железной дороги «Ангрен – Пап» на перевале «Камчик» на гребне Кураминского хребта (протяженность новой железной дороги – 123,1 км, тоннеля «Камчик» – 19,2 км) создали новые проблемы в обеспечении безопасности автодорожного и железнодорожного движения.

Через перевал проходит единственная транспортная магистраль республики, соединяющая Ферганскую долину с остальной частью Узбекистана – автомобильная трасса между Ташкентской областью и Папским районом Наманганской области.