

Все анкерные участки контактной подвески на перегонах – компенсированные с рессорными струнами, а на станциях – полукомпенсированные. Их монтаж осуществляет электромонтажный поезд г. Жлобина. Все строительные-монтажные работы выполняются во время установленного «окна» или в одну рабочую смену.

Анализируя план участка железнодорожного пути, а также наличие грунтовых дорог, мостов и железобетонных труб, выявляют участки, на которых в первую очередь возможна установка опор контактной сети методом «с поля» или «с пути».

При устройстве опорных конструкций контактной сети в объем строительных работ включают разработку котлованов на полную глубину (II категория грунта), установку фундаментов и опор с последующей регулировкой и засыпкой котлованов, вибропогружение или установку в котлованы анкеров, монтаж оттяжек, погрузку и транспортирование строительных конструкций с линейной комплектующей базы.

Количество промежуточных, анкерных опор и опорных устройств определяется на каждом отдельном участке в зависимости от максимально принятой величины пролета между опорами. В состав монтажных работ включается монтаж несущего, контактного проводов развернутой длиной 76,69 км. На перегонах анкеровка выполняется компенсированная с помощью 58 двоярных компенсаторов со штангами и грузами, а на станциях – полукомпенсированная с помощью 66 компенсаторов. На участке Жлобин – Могилев выполняется 128 индивидуальных заземлений опор. На выполнение монтажных работ требуется 404 рабочих дня.

По результатам разработки суммарного графика производства работ определено, что на участке Жлобин – Могилев (с 35 по 86 км) устанавливаются 1038 опор контактной сети, где из них 385 шт. методом «с поля» и 651 шт. методом «с пути». Также устанавливаются 59 одиночных оттяжек для средней анкеровки и 119 двойных для главной анкеровки; 138 жестких поперечин на станциях. На выполнение строительных работ с учетом косвенных операций требуется 149 рабочих дней.

Список литературы

1 Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 11 дек. 2013 г. № 1066 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL : <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C21301066> (дата обращения : 24.09.2025).

УДК 625.731.8.033.3+625.731.8.042(043.3)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. М. ЖУКОВСКИЙ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

С развитием теории надежности её элементы также начинают использовать при проектировании дорожных одежд в результате включения данных положений в ВСН 46-83 [1]. Согласно данному документу (пункт 3.9) под надежностью понимают вероятность безотказной работы конструкции в течение всего периода между капитальными ремонтами. Количественным показателем надежности, согласно пункту 3.9 Инструкции [1], служит уровень надежности, представляющий собой отношение протяженности прочных, не требующих капитального ремонта конструкций, к общей протяженности участка с данным значением запаса прочности.

Надежность в технике, согласно пункту 1.1 [2], представляет собой свойство объекта сохранять во времени значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Для автомобильных дорог (исключая искусственные сооружения на них) основными свойствами надежности являются безотказность и долговечность. Поскольку на дорогах ремонтные меро-

приятия осуществляются перманентно, а проведение ремонтов в целом не вызывает существенных нарушений условий движения, то свойство ремонтпригодности для дорог не является критическим, в отличие от мостов и других искусственных сооружений на дорогах.

Так, под надежностью автомобильной дороги профессор Р. И. Моисеенко понимает способность удовлетворять всем условиям прочности дорожной одежды в любой момент эксплуатации при случайных величинах нагрузок, сопротивлений материалов и геометрических размеров [3, с. 5].

В Республике Беларусь вместо понятия «надежность автомобильной дороги», которое согласно статье 1 [4] представляет собой комплексное сооружение, используют понятие «надежность дорожных одежд», под которым понимают способность дорожной конструкции в целом сохранять заданные эксплуатационные характеристики (ровность, прочность, шероховатость) в течение расчетного срока службы [5, с. 15].

Дорожные одежды в Республике Беларусь, как и в других странах СНГ, проектируют с учетом критериев надежности, в соответствии с пунктом 6.1.7 [6]. При этом в соответствии с [6] основным критерием надежности является коэффициент надежности R .

Коэффициент надежности, согласно пункту 3.10 [6], представляет собой разность значений общей площади участка и процента дефектности в конце срока службы дорожной одежды.

В Республике Беларусь согласно [6], основные характеристики надежности дорожных одежд – коэффициент надежности и срок службы, которые по своей сути являются параметрами безотказности (коэффициент надежности представляет собой вероятность безотказной работы) и долговечности (срок службы). Однако в процессе разработки нормативной документации утрачен первоначальный смысл данных показателей, неправильное использование которых приводит к преждевременному отказу дорожных покрытий. Причем и в новой редакции ТКП «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» [7], проект которого ожидает утверждения, не была произведена гармонизация используемой терминологии с общепринятыми положениями теории надежности.

В конечном итоге такое положение приводит к снижению долговечности нежестких дорожных одежд уже на стадии их проектирования. Так, согласно [6], для некоторых категорий дорог с капитальным и облегченным покрытием так называемый требуемый коэффициент упругого прогиба принимается равным или менее 1,0. Это означает, что упругий прогиб дорожной одежды должен быть равным или даже менее, чем требуемый для данных условий.

Впервые эмпирическая зависимость, связывающая величину надежности автомобильных дорог с фактическим коэффициентом прочности, была установлена профессором Н. Н. Ивановым [8, с. 180]. Исследования, проведенные в Донском государственном техническом университете [9], показали, что в целом сохраняется вид зависимости, полученной под руководством профессора Н. Н. Иванова [8, с.180], но при этом значения надежности для аналогичных коэффициентов прочности значительно ниже.

Индекс безотказной работы β в зависимости от коэффициента прочности $K_{пр}$ для случая равенства коэффициентов вариации общего и требуемого модулей упругости можно найти, согласно [10], по формуле

$$\beta = \frac{K_{пр} - 1}{C_E \sqrt{K_{пр}^2 + 1}}.$$

Вероятность безотказной работы $P(t)$ можно найти через функцию Лапласа, при известном индексе надежности β :

$$P(t) = 0,5 + \Phi(\beta).$$

Таким образом видно, что при значении коэффициента прочности 1,0 и менее индекс безотказной работы будет принимать значения 0 и менее, а в таком случае вероятность безотказной работы (коэффициент надежности в терминологии действующего и предлагаемого ТКП) будет принимать значения менее 0,5, что существенно отличается от установленных данными документами требуемых значений коэффициентов надежности.

Следовательно, в настоящее время необходимо либо кардинальным образом выполнить пересмотр представленных в ТКП 45-3.03-112-2008 (02250) «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» значений коэффициентов надежности и требуемых коэффициентов запаса прочности, либо использовать при расчете нежестких дорожных одежд современные, более сложные методы, например, совместный термо-гидромеханический подход, который подразумевает взаимное влияние температурного, гидравлического и механического (напряженно-деформированного) полей на прочность и деформативность дорожной конструкции.

Список литературы

- 1 ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. – М. : Минтрансстрой СССР, 1985. – 157 с.
- 2 ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения. – Введ. 01.03.2017. – М. : Стандартинформ, 2016. – 24 с.
- 3 **Моисеенко, Р. П.** Лекции по теории надежности автомобильных дорог : учеб. пособие / Р. П. Моисеенко. – 2-е изд., испр. и доп. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2022. – 154 с.
- 4 Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности : Закон Республики Беларусь от 2 декабря 1994 г. № 3434-ХП : ред. от 05.01.2022 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 19.03.2001, 2/463. – URL : <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=V19403434> (дата обращения : 23.08.2025).
- 5 **Веренько, В. А.** Надежность дорожных одежд : учеб. пособие / В. А. Веренько. – Минск : БГПА, 2002. – 120 с.
- 6 ТКП 45-3.03-112-2008 (02250). Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. – Введ. 19.11.2008. – Минск : БелдорНИИ, 2008. – 114 с.
- 7 Проект ТКП Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. – URL : <https://www.mintrans.gov.by/images/2025/05-05-25-6.pdf> (дата обращения: 14.09.2025).
- 8 Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / под ред. Н. Н. Иванова. – М. : Транспорт, 1973. – 328 с.
- 9 Оценка надежности дорожной одежды на стадии эксплуатации / А. Н. Тиратуриян, А. А. Симакова, И. В. Бодров, М. В. Фарниева // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4 (47). – С. 196. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-nadezhnosti-dorozhnoy-odezhdy-na-stadii-ekspluatatsii/viewer> (дата обращения : 27.08.2024).
- 10 **Жуковский, Е. М.** Обеспечение надежности автомобильных дорог с нежесткими дорожными одеждами на стадии проектирования / Е. М. Жуковский // Автомобильные дороги и мосты. – 2024. – № 2. – С. 15–24.

УДК 624.9

УСТРОЙСТВО ПАССИВНОЙ ЗАЩИТЫ ПУТЕЙ ПОДВОЗА И ЭВАКУАЦИИ ОТ ОГНЕВЫХ УДАРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В. В. ЗИКРАТЬЕВ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В. Ю. ПИСКУН

Внутренние войска Министерства внутренних дел Республики Беларусь, г. Минск

Габариты искусственной системы пассивной защиты (ИСПЗ) (рисунок 1) зависят от габаритов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), перемещающихся по путям подвоза и эвакуации (ППиЭ), а также самих ППиЭ.

Для дальнейших расчетов габариты ИСПЗ будут приняты в соответствии с рисунком 2. Следует отметить, что конструктивные решения варианта ИСПЗ, представленного в данной работе, обеспечивают пассивную защиту автомобильных дорог, относимых в соответствии с таблицей 1 СН 3.03.04-2019 «Автомобильные дороги» к VI классу дорог низшей категории и ко II–V классам обычных дорог, в то время как организация пассивной защиты дорог I класса требует дополнительной проработки и не является предметом рассмотрения данной работы.

Технологически ИСПЗ состоит из секций, таких как типовая, торцевая и проездная.

Рассмотрим подробнее технологические решения каждой из секций ИСПЗ.

Типовая секция (рисунок 3) является основной составляющей ИСПЗ и используется на прямолинейных (в том числе и поворотах) участках ППиЭ. Торцевая секция используется в концевых участках ППиЭ, ее основным отличием от типовой секции является наличие противоосколочного элемента (шторы, завесы) в осях 1/А-Е на въезде (выезде) из нее.