

5. Немчинов М.В. Сцепные качества дорог и безопасность движения автомобилей. М.: Транспорт, 1985.-231 с.
6. Стороженко М.С. некоторые аспекты повышения безопасности движения на автомобильных дорогах. Сб. научн. Трудов. Вестник ХНАДУ, вып. 47, Харьков, 2009, с.81-85
7. Стороженко М.С., Аринушкина Н.С., Грищенко Т.М. Влияние показателей ровности и сцепных качеств проезжей части на безопасность движения. Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем. Материалы четвертой международной научно-практической конференции. Челябинск, издательский центр ЮУрГУ, 2012 - с.290-296.
8. Стороженко М.С., Аринушкина Н.С., Грищенко Т.М. Повышение безопасности движения на основе совершенствования требований к дорожным условиям. Сучасні технології будівництва та експлуатації автомобільний доріг. Матеріали міжнародної НТК, Харків, 2013.-с. 203-207.
9. Осипенко Ю.В., Стороженко М.С. Повышение безопасности движения изменением требований к сцепным качествам и ровности проезжей части. Материалы міжнародної науково-практичної конференції. Покращення конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників автомобільних доріг. Харків, ХНАДУ, 2014.-с. 154-158.
10. Стороженко М.С., Аринушкина Н.С., Грищенко Т.М. Повышение безопасности движения путем изменения нормативных требований к ровности и сцепным качествам проезжей части/ Вестник ХНАДУ. - 2013, № 63 – с.35-38.

УДК 625.72

Батракова А.Г.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Введение. В большинстве моделей управления состоянием транспортных сооружений в качестве критерия принят интегральный показатель состояния конструкции, который в результате оптимизации должен принять максимальное значение при ограничениях по финансовым затратам [1]. Преимуществом укрупненных показателей является простота использования и относительно простые процедуры получения их значений, что позволяет экономить средства на обследованиях. Однако существенным недостатком такого подхода является невозможность учета вклада каждого параметра в общую оценку состояния конструкции, что может привести к потерям, превышающим экономии от использования неполных исходных данных.

Цель и задачи. В рамках постановки задачи оценки состояния дорожных одежд предлагается развитие интегрального по-

казателя – индекса транспортно-эксплуатационного состояния (J) [2]. Данный показатель должен включать в себя как результаты визуальной оценки состояния дорожной одежды, определяющие в значительной степени потребительские свойства дороги, так и технико-эксплуатационные показатели, определяющие техническое состояние конструкции дорожной одежды. Основными технико-эксплуатационными показателями состояния дорожных одежд являются: прочность (K_{np}), ровность покрытия (S), а также коэффициент сцепления (φ). Информация о значениях этих показателей может быть получена как по результатам инструментальной оценки, выполненной в рамках СУСП, так и по результатам георадарного обследования [3]. Для оценки, прогнозирования состояния дорожных одежд, а также для обоснования ремонтной стратегии необходимо определить ха-

раक्टर изменения технико-эксплуатационных показателей дорожных одежд в процессе эксплуатации.

Результаты исследования. Для оценки состояния дорожной одежды представим индекс технико-эксплуатационного состояния в виде:

$$J = \Phi \left\{ \begin{array}{l} K_{np} = f(E_{об}^t, E_{треб}); \\ S = f\left(\sum_{i=1}^n h_i, E_{об}^t, E_{зр}, \varphi_{зр}\right); \\ K_{сц} = f(\varphi_{факт}, \varphi_n); \\ \dots \\ E_{об}^t = f(h_i, E_i, E_{зр}, \varphi_{зр}, c_{зр}); \\ E_i = f(D_i); \\ E_{зр} = f(W_{зр}); \\ \varphi_{зр} = f(W_{зр}); \\ c_{зр} = f(W_{зр}) \end{array} \right\}. \quad (1)$$

Первые три строки модели представляют собой косвенные параметры отклика конструкции дорожной одежды на внешнее воздействие, оцениваемые по результатам инструментальной оценки. Косвенные параметры, в свою очередь, являются функцией прямых параметров модели, оцениваемых по результатам георадарного обследования (строки модели под

$$\frac{E_{об}^T}{E_{об}^0} = \frac{\frac{\pi}{2 \cdot E_{осн}} + \left(\frac{1}{E_a \cdot \sqrt[3]{E_a/E_{осн}}} - \frac{1}{E_{осн}} \right) \cdot \arctg\left(\frac{\sqrt{2,5} \cdot h_a}{D}\right) \cdot \sqrt{E_a/E_{осн}}}{\frac{\pi}{2 \cdot E_{осн}} + \left(\frac{1}{E_a} - \frac{1}{E_{осн}} \right) \cdot \arctg\left(\frac{\sqrt{2,5} \cdot h_a}{D}\right)}, \quad (2)$$

где $E_{осн}$ – общий модуль упругости на поверхности основания, МПа; E_a – модуль упругости асфальтобетонных слоев, МПа; D – диаметр штампа, эквивалентный отпечатку колеса расчетного автомобиля, см; h_a – толщина пакета асфальтобетонных слоев, см.

Относительную потерю прочности в момент времени t будем оценивать:

$$k = \frac{E_{об}^0 - E_{об}^t}{E_{об}^0 - E_{об}^T}. \quad (3)$$

чертой) и позволяющих установить причины, определяющие состояние конструкции дорожной одежды в фиксированный момент времени.

Основным показателем, определяющим прочность и деформационную устойчивость дорожных одежд, является коэффициент запаса прочности. Анализ работ [4 - 6], показывает, что изменение прочности в различные периоды эксплуатации происходит в несколько этапов. По данным Ю.В. Слободчикова [7] на первом этапе происходит формирование конструктивных слоев дорожной одежды; второй этап характеризуется постепенным снижением прочности; на третьем этапе ($K_{np} = 0,7$) происходит интенсивная потеря прочности конструкции. В работе [8] предполагается, что на третьем этапе эксплуатации верхние слои дорожной одежды теряют «плитный» эффект, т.е. не работают как плита на упругом основании и теряют распределяющую способность. Тогда отношение модуля упругости дорожной одежды в начале эксплуатации (плита на упругом основании) ($E_{об}^0$) к модулю упругости в конце срока службы (потеря распределяющей способности) ($E_{об}^T$) может быть представлено в виде:

Задаваясь значениями h_a/D и $E_a/E_{осн}$

можно оценить изменение прочности дорожной одежды в процессе эксплуатации [9].

Для расчета компоненты индекса состояния по критерию прочности (J_{np}) воспользуемся решением [8], отражающим снижение распределяющей способности монолитного слоя в процессе эксплуатации вследствие накопления усталостных повреждений и деструкции монолитного слоя:

– при полной распределяющей способности (начало эксплуатации) $t = 0$:

$$E_{об}^{t=0} = \frac{1}{\frac{1}{E_{осн}} - \frac{2}{\pi} \left[\arctg \left(\frac{\pi \cdot h_{пок}}{2 \cdot D} \cdot n \right) \right] \cdot \left[\frac{1}{E_{осн}} - \frac{1}{E_{пок} \cdot n} \right]}, \quad (4)$$

где $E_{об}^{t=0}$ – общий модуль упругости дорожной одежды, МПа; t – срок эксплуатации дороги, годы; $E_{осн}, E_{пок}$ – модуль упругости основания и покрытия, МПа; h_a – толщина пакета асфальтобетонных слоев, см; D – диаметр штампа, эквивалентный отпечатку колеса расчетного автомобиля, см; n – коэффициент, отражающий характер распределения напряжений в слоистой системе [10]:

$$n = 1,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{пок} \cdot (1 - \mu_{осн}^2)}{E_{осн} \cdot (1 - \mu_{пок}^2)}}, \quad (5)$$

где $\mu_{осн}, \mu_{пок}$ – соответственно коэффициент Пуассона материала основания и покрытия;

– при отсутствии распределяющей способности (предельное состояние конструкции) $t = T$:

$$E_{об}^{t=T} = \frac{1}{\frac{1}{E_{осн}} - \frac{2}{\pi} \left[\arctg \left(\frac{\pi \cdot h_{пок}}{2 \cdot D} \right) \right] \cdot \left[\frac{1}{E_{осн}} - \frac{1}{E_{пок}} \right]}, \quad (6)$$

где $E_{об}^{t=T}$ – общий модуль упругости доро-

$$\Delta E_{об} = \frac{E_{об}^{t=T}}{E_{об}^{t=0}} = 100 - \left[\frac{\frac{1}{E_{осн}} - \frac{2}{\pi} \left[\arctg \left(\frac{\pi \cdot h_{пок}}{2 \cdot D} \cdot n \right) \right] \cdot \left[\frac{1}{E_{осн}} - \frac{1}{E_{пок} \cdot n} \right]}{\frac{1}{E_{осн}} - \frac{2}{\pi} \left[\arctg \left(\frac{\pi \cdot h_{пок}}{2 \cdot D} \right) \right] \cdot \left[\frac{1}{E_{осн}} - \frac{1}{E_{пок}} \right]} \right] \cdot 100, \quad (9)$$

Знание параметров конструкции (толщина слоев, модули материалов) позволяет определить процент снижения прочности, при котором достигается предельное состояние конструкции дорожной одежды по критерию потери распределяющей способности, рис. 1.

Тогда коэффициент запаса прочности конструкции по допускаемому упругому прогибу может быть представлен в виде:

– на момент начала эксплуатации

$$t = 0: K_{np}^{t=0} = \frac{E_{об}^{t=0}}{E_{мреб}};$$

– на момент достижения предельного

состояния одежды, соответствующий предельному состоянию конструкции, МПа.

Модуль упругости конструкции дорожной одежды, соответствующий предельному состоянию потери распределяющей способности, принят в качестве предельного по критерию прочности ($K_{np}^{t=T}$). Тогда индекс состояния конструкции по критерию прочности может быть представлен в виде:

$$J_{np} = \left(1 - \frac{E_{об}^{t=0} - E_{об}^t}{E_{об}^{t=0} - E_{об}^{t=T}} \right) \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $E_{об}^t$ – общий модуль упругости конструкции дорожной одежды в момент времени t , МПа:

$$E_{об}^t = 98,65 \cdot (\lg(N_{\Sigma} - N_{\Sigma t}) - a), \quad (8)$$

где N_{Σ} – общее число приложений расчетной нагрузки за срок эксплуатации дороги, авт.; $N_{\Sigma t}$ – общее число приложений расчетной нагрузки за срок эксплуатации дороги t лет, авт.; a – коэффициент, зависящий от категории дороги и принимаемый согласно [11]: для нагрузки А1 категорий: $a = 3,20$; для нагрузки А2 категорий: $a = 3,55$.

Общее снижение прочности за период эксплуатации дороги рассчитывается как отношение (6) к (4):

$$\text{состояния } t = T: K_{np}^{t=T} = \frac{E_{об}^{t=T}}{E_{мреб}};$$

– в процессе эксплуатации дороги

$$t = t: K_{np}^t = \frac{E_{об}^t}{E_{мреб}}.$$

По результатам расчета установлена связь коэффициента запаса прочности по допускаемому упругому прогибу с индексом состояния дорожной одежды, рис. 2.

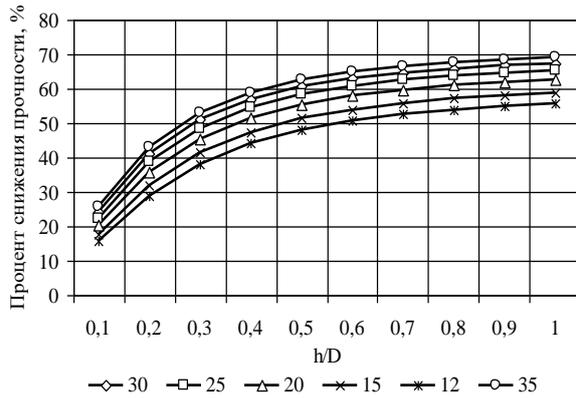


Рис. 1. Снижение прочности дорожной одежды. Цифры на кривых соответствуют отношению $E_{покр}/E_{основ}$

На основании установленных связей определены предельные (по допусжаемому упругому прогибу) значения коэффициента запаса прочности дорожной одежды ($K_{np}^{t=T}$) для дорог различных

категорий, а также установлена градация индекса состояния по критерию потери распределяющей способности дорожной одежды (табл. 1).

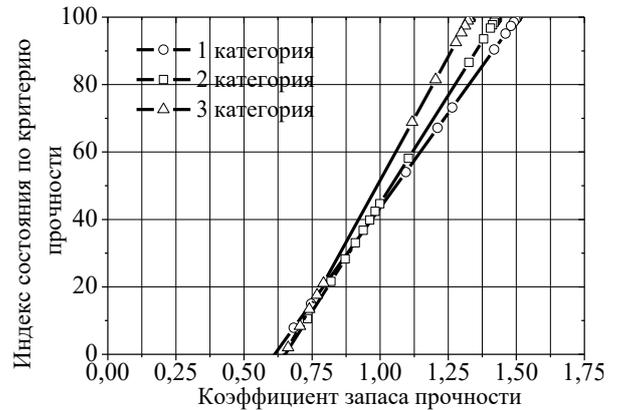


Рис. 2. Связь коэффициента запаса прочности с индексом состояния по критерию запаса прочности

Таблица 1 – Индекс состояния по критерию прочности дорожной одежды

Кoeffициент запаса прочности	Индекс состояния J_{np} для дорог			Оценка состояния
	I категория	II категория	III категория	
$K_{np}^t \geq K_n$	100	100	100	отличное
$1,0 \leq K_{np}^t < K_n$	99 - 44	99 - 44	99 - 53	хорошее
$0,8 \leq K_{np}^t < 1,0$	43 - 21	44 - 20	52 - 23	удовлетворительное
$K_{np}^{t=T} \leq K_{np}^t < 0,8$	20 - 0	19 - 0	22 - 0	неудовлетворительное
$K_{np}^t \leq K_{np}^{t=T}$	менее 0	менее 0	менее 0	разрушенное

Выводы. Разработана векторная модель оценки текущего состояния дорожных одежд на основе наиболее полного набора данных, формируемого по результатам инструментальной оценки, выполняемой в рамках СУСП, и подповерхностного зондирования, что позволяет оценить относительную потерю прочности конструкции дорожной одежды в процессе эксплуатации по показателю потери распределяющей способности покрытия. Получены количественные оценки частного индекса состояния дорожной одежды по критерию прочности для автомобильных дорог I – III категорий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lamptey G. Life Cycle Cost Analysis for

INDOT Pavement Design Procedures / G. Lamptey, M. Ahmad, S. Labi, K.C. Sinha // Final Report FHWA/IN/JTRP-2004/28. – Lafayette, Indiana: Purdue University, 2005. – 57 p.

2. Демишкан В. Ф. Совершенствование управления состоянием автомобильных дорог в условиях ограниченных ресурсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11 / Демишкан Владимир Федорович. – Харьков, 2000. – 171 с.

3. Батракова А.Г. Георадарні дослідження дорожніх одягів: монографія / А. Г. Батракова, І. Б. Галащук, В. М. Ряпухін. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 156 с.

4. Апестин В. К. Расчет снижения модулей упругости нежестких дорожных одежд в процессе эксплуатации автомобильных дорог / В. К. Апестин, А. М. Шак, Ю. М.

- Яковлев // Труды ГипродорНИИ. – 1974. – Вып. 8. – С. 120–135.
5. Кизима С.С. Исследование изменения ровности нежестких дорожных одежд в условиях УССР как показателя их качества: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Кизима Станислав Степанович – Киев, 1975. – 245 с.
 6. Елгонов А.Н. Обоснование мероприятий по ремонту нежесткой дорожной одежды на основе оценки ее прочности и ровности: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Елгонов Амангельды Нигметович – Москва, 1992. – 152 с.
 7. Слободчиков Ю. В. Обоснование оценочных показателей выбора ремонтной стратегии автомобильных дорог с нежесткими дорожными одеждами в изменяющихся условиях эксплуатации: дис. ... доктора техн. наук: 05.23.11 / Слободчиков Юрий Васильевич – Москва, 1995. – 333 с.
 8. Казарновский В.Д. К вопросу о методике расчета усиления дорожных одежд / В.Д. Казарновский, И.В. Лейтланд, М.Л. Попов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2004. – № 1. – С. 33–34.
 9. Бусел А.В. Ремонт автомобильных дорог: Учеб. пособие / А.В. Бусел. – Минск: Арт. Дизайн, 2004. – 208 с.
 10. Иванов Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Н. Н. Иванов. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
 11. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2005. – 176 с. – (Відомчі Будівельні Норми).

УДК 624. 012:53.09

Кравченко А.М.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФРАГМЕНТА КОКСОВЫХ БАТАРЕЙ

Постановка проблемы

По материалам IV Европейского конгресса по коксохимическому и доменному производствам результаты исследования, выполненного Международным институтом черной металлургии, подтверждают, что в новом тысячелетии мировая потребность в коксе, возможно, превысит его производство [1]. Общемировой дефицит кокса теоретически может достичь 25 млн. т/год в начале тысячелетия и затем возрасти до 40 млн. т/год. Оценивая техническую базу коксохимического производства, отмечено, что средний возраст коксовых батарей в мире достиг 22 лет, при этом в странах ЕС он составляет 22 года, а в Северной Америке 28 лет, что соответствует максимальному эффективному сроку службы коксовых батарей. В этих условиях бережное использование имеющихся мощностей по производству кокса с целью продления срока их службы становится особенно важным. Все новые процессы, разрабатываемые в коксохимической от-

расли разных стран, требуют еще подтверждения своей технической и экономической зрелости.

Сложившаяся обстановка позволяет ставить новые задачи по совершенствованию конструктивных решений сооружений коксовых цехов. Одной из актуальных задач является разработка конструктивных решений строительных конструкций фундаментов коксовых батарей, подвергающихся воздействию технологических температур, без применения футеровки в боровах для отвода продуктов горения.

Цель и задачи исследования

Цель экспериментальных исследований - выявление особенностей работы фрагментов монолитных железобетонных фундаментов коксовых батарей с боковым подводом отопительного газа, подтверждения разработанной методики их расчета.

Задачами экспериментов являлись:

- разработка экспериментальной модели фрагмента фундамента коксовых батарей;