

А. В. Климбасов, ст. науч. сотрудник РУП «БелдорНИИ»;
В. П. Корюков, канд. техн. наук, РУП «БелдорНИИ»

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

The article is devoted to the development of a new forecasting method of nonrigid road surfaces' capacity based on the results of visual and instrumental roads' investigation.

Фактические межремонтные сроки службы дорожных одежд определялись по данным дорожно-эксплуатационных организаций. Имеющиеся материалы обобщены на 2004 год с учетом их категории, года капитального ремонта и реконструкции, фактических и нормативных сроков службы, коэффициента, характеризующего своевременность проведения ремонта, равного отношению фактического и нормативного (по ВСН 41-88) [1] сроков службы.

Примерно на 55% сети дорог с асфальтобетонным покрытием нормативные сроки службы в соответствии с действующим ВСН 41-88 не соблюдаются, своевременно не проводится капитальный ремонт. Следует отметить, что большое количество дорог заканчивает свой срок службы (коэффициент своевременности ремонта близок к 1), и в условиях ограниченного финансирования на все большей протяженности дорог нормативный срок службы будет просрочен. На отдельных участках дорога эксплуатируется без капитального ремонта 2 и более сроков. Это говорит прежде всего о недостаточном объеме финансирования дорожного строительства. Однако необходимо обратить внимание и на тот факт, что, несмотря на окончившийся срок службы, дорожные одежды находятся в удовлетворительном состоянии, следовательно, нормативные сроки службы вызывают сомнения. Очевидно, что дорожные одежды имеют запас прочности, который до конца не исчерпывается в условиях не очень высокой загрузки тяжелыми транспортными средствами большинства дорог республики. Поверхность покрытия достаточно регулярно восстанавливается поверхностными обработками.

Статистический анализ фактических сроков службы дорожных одежд вследствие его вероятностного характера позволит, на наш взгляд, получить реальную картину работоспособности дорог, так как обеспечит учет части дорог, которые имеют неудовлетворительное состояние, но из-за финансовых проблем не могут быть оперативно отремонтированы.

На основании анализа установлено, что работоспособность дорожной одежды зависит от ее состояния (наличие деформаций на покрытии), жесткости конструкции, характеризующейся измеренным упругим прогибом, ин-

тенсивности и состава движения. Очевидно, что процесс изменения основных транспортно-эксплуатационных показателей дорог в течение срока службы дорожной одежды носит вероятностный характер, и это также требует учета при разработке метода прогнозирования.

Предлагаемый метод должен позволить оценить возможность пропуска по дороге общего количества эквивалентных осевых нагрузок в 100 кН от начала эксплуатации, учитывая измеренный прогиб и степень разрушения дорожной одежды на время обследования.

Проведенные экспериментальные исследования [2] позволили установить, что для условий Беларуси подходит эмпирическая зависимость, полученная по данным AASHO, между суммарным числом проходов расчетных автомобилей (N), вызывающих необходимость в капитальном ремонте дорожной одежды, и величиной упругого прогиба (l):

$$\lg N = A - B|l|, \quad (1)$$

где A , B – эмпирические коэффициенты, которые по результатам экспериментальных исследований можно принять $A = 2,72$; $B = 3,25$.

Однако следует иметь в виду, что если 50% измеренных прогибов (l) больше, чем среднее значение (\bar{l}), то 50% значений (N) меньше среднего количества проходов (N), т.е. рассматриваются вероятностные величины, и при $N > N_{50\%}$ площади покрытия разрушается.

Приняв нормальный закон [3, 4] распределения прогиба, что доказано проведенными исследованиями, можно записать

$$\alpha(z) = 100 \int_z^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (2)$$

где $z = \frac{l - \bar{l}}{\sigma}$; σ – стандартное отклонение.

Протяженность разрушений площади проезжей части, выраженная в процентах, равна

$$\alpha(z) = \frac{(T + P)B \cdot 100}{1000} = \frac{(T + P)B}{10}, \quad (3)$$

где T и P – соответственно трещины и другие разрушения, $m^2/1000 m^2$ к общей площади покрытия;

B – ширина полосы движения.

Результаты оценки прочности дорожной одежды показали, что можно принять $\sigma = \frac{\bar{l}}{3}$, тогда

$$z = 3 \left(\frac{l}{\bar{l}} - 1 \right). \quad (4)$$

Из зависимости (1) определим l :

$$l = 10^{\frac{A - \lg N}{B}}. \quad (5)$$

Подставив значения l и \bar{l} в формулу (4), получим

$$z = 3 \left(\frac{10^{\frac{2,72 - \lg N}{3,25}}}{10^{\frac{2,72 - \lg \bar{N}}{3,25}}} - 1 \right) = 3 \left[10^{0,31(\lg \bar{N} - \lg N)} - 1 \right], \quad (6)$$

$$\lg \left(\frac{z}{3} + 1 \right) = 0,31(\lg \bar{N} - \lg N), \quad (7)$$

$$\lg N = \lg \bar{N} - \frac{\lg \left(\frac{z}{3} + 1 \right)}{0,31}, \quad (8)$$

$$N = 10^{\left[\lg \bar{N} - \frac{\lg \left(\frac{z}{3} + 1 \right)}{0,31} \right]} \quad (9)$$

Величину $\lg \bar{N}$ из формулы (1) подставим в зависимость (2):

$$N = 10^{\frac{2,72 - 3,25 \lg l - \lg \left(\frac{z}{3} + 1 \right)}{0,31}}. \quad (10)$$

Формула (10) характеризует зависимость между измеренным прогибом дорожной одежды l , общим количеством проходов расчетной нагрузки N за период от начала эксплуатации дороги и возможной степенью разрушения на поверхности проезжей части.

Срок службы дорожной одежды равен

$$\tau = \frac{N}{N_{\text{сут}} \cdot 250}, \quad (11)$$

где $N_{\text{сут}}$ — суточная среднегодовая интенсивность движения расчетных автомобилей.

Прогноз срока службы дорожной одежды следует производить в следующей последовательности.

- Назначить объем разрушений на асфальтобетонном покрытии, при котором необходим капитальный ремонт. В качестве основания может служить нормированный коэффициент надежности, равный отношению разрушенной к общей площади покрытия.

- Произвести измерение упругого прогиба дорожной одежды (l), определить степень разрушения покрытия ($T+P$), суточную среднегодовую интенсивность движения расчетных автомобилей ($N_{\text{сут}}$) и общее количество проходов расчетной осевой нагрузки за прошедший период эксплуатации ($N_{\text{пр}}^{\Phi}$).

- По зависимости (3) определить процент разрушения покрытия и на основании нормального закона распределения найти ординату нормированной Гауссовской плотности. В соответствии с измеренным прогибом и процентом разрушения покрытия по формуле (10) вычислить расчетную работоспособность дорожной одежды за прошедший период ($N_{\text{пр}}^P$).

- На основании принятого объема разрушений покрытия перед капитальным ремонтом по зависимости (10) определить ожидаемую работоспособность дорожной одежды (N_k).

- Рассчитать прогнозируемую работоспособность дорожной одежды

$$N_{\text{прог}} = N_k \frac{N_{\text{пр}}^{\Phi}}{N_{\text{пр}}^P}$$

и срок службы по формуле (11).

Таким образом предлагаемый метод позволяет прогнозировать работоспособность дорожных одежд нежесткого типа.

Литература

1. Региональные и отраслевые нормы межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд и покрытий ВСН 412-88. — М., 1988. — 6 с.
2. Конструирование и расчет дорожных одежд нежесткого типа / Под ред. Иванова Н. Н., М.: Транспорт, 1983. — 327 с.
3. Керн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1984. — 832 с.
4. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. М.: Мир, 1970. — 368 с.