

## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВЫХОДА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ИЗ РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГРУНТОВО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Н. П. Вырко — Белорусский Государственный  
Технологический университет, г. Минск, Беларусь

В период эксплуатации транспортных путей под воздействием различных погодно-климатических факторов их состояние (прочность, устойчивость) нарушается. Модуль упругости, характеризующий прочность грунтов земляного полотна, а, следовательно, и общий модуль упругости дорожной одежды  $E_{\text{общ}}$  в течение года изменяется, т.е. модуль упругости является случайной величиной — функцией времени  $E_{\text{общ}}(t)$ . Поэтому можно положить, что дорожная конструкция будет работоспособной, если ее общий модуль упругости на поверхности  $E_{\text{общ}}(t)$  находится в пределах

$$\alpha \cdot E_{\text{тр}} < E_{\text{общ}}(t) < \beta \cdot E_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{тр}}$  — требуемый модуль упругости дорожной одежды, Па;

$\alpha, \beta$  — нижняя и верхняя граница параметра.

Если  $E_{\text{общ}}(t)$  выходит за нижнюю границу параметра  $\alpha$ , то это будем классифицировать как отказ.

Отказ дорожной одежды связан с наступлением во времени расчетно-предельного состояния

по одному из существующих критериев прочности согласно инструкции по расчету и проектированию дорожных одежд нежесткого типа ВСН 46-82. Данное состояние определяет необходимость проведения ремонта по восстановлению слоя износа (частичный отказ) или всей дорожной одежды (полный отказ). Это предельное состояние определяется также функциональными показателями, вероятностью нахождения их в некоторой допустимой области. Отказ интерпретируется как выход из данной области.

Если случайная функция  $E_{\text{общ}}(t)$  стационарная и дифференцируема, то на оси времени  $t$  можно выделить точки  $t_1, t_2,$

$t_3 \dots t_n$ , в которых функция  $E_{\text{общ}}(t)$  имеет экстремумы (рис. 1).

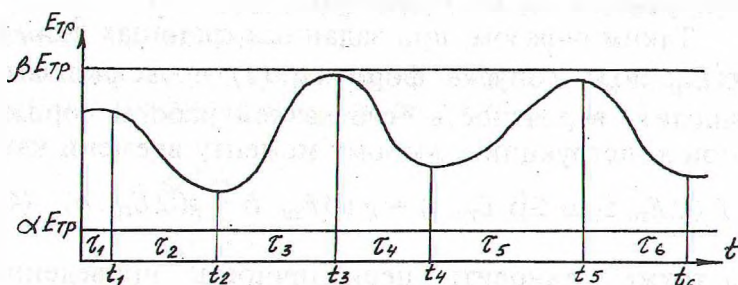


Рис. 1. Изменение модуля упругости во времени в зависимости от погодных-климатических факторов

На рис. 1 представлено изменение общего модуля упругости дорожной конструкции в течение одного года в связи с изменением погодных-климатических факторов.

Если число точек  $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$  велико, то можно говорить о распределении экстремумов функции  $E_{\text{общ}}(t)$ . Дорожная конструкция будет работоспособной, если размах  $\omega$  (разность) меж-

ду максимумами и минимумами функции  $E(t)$  укладывается в пределы допуска при любом  $\omega_i$ .

$$\omega_i = (E_n - E_i)_i < (\beta \cdot E_{\text{Тр}} - \alpha \cdot E_{\text{Тр}}), \quad (2)$$

где  $i = 2, 3 \dots n$ .

Функция распределения размаха для технического устройства к любому моменту времени  $t \rightarrow \infty$  описывается уравнением:

$$g(\omega, t) \approx (1 - e^{-\lambda\omega}) \frac{1}{T} - 1 \frac{\sigma_t^2 \cdot t}{e^2 \cdot T^3} \ln(1 - e^{-\lambda\omega}), \quad (3)$$

где  $\lambda$  — параметр, когда распределение экстремумов подчинено экспоненциальному закону;

$T, \sigma^2$  — среднее значение и дисперсия периодов  $\tau_1, \tau_2 \dots \tau_n$  достижения функцией  $E_{\text{общ}}(t)$  экстремальных значений (рис. 1).

Таким образом, при заданных границах  $\beta E_{\text{Тр}}$  и  $\alpha E_{\text{Тр}}$  поля допуска формулы (3) позволяет вычислить вероятность безотказной работы дорожной конструкции к любому моменту времени как

$$P(\alpha E_{\text{Тр}} \leq \omega \leq \beta E_{\text{Тр}}, t) = g(\beta E_{\text{Тр}}, t) - g(\alpha E_{\text{Тр}}, t), \quad (4)$$

а также установить периодичность проведения ремонтов или замены отдельных конструктивных слоев дорожной конструкции, обеспечивающую заданный уровень безотказности. Исходными данными для расчета являются параметры  $\lambda, T, \sigma^2$ , которые могут быть получены по одной реализации функции  $E_{\text{общ}}(t)$  при достаточно большом  $t$  на участке периода нормальной эксплуатации дорожной конструкции.

Проведенные нами исследования на автомобильных дорогах показывают явное изменение модуля упругости грунта земляного полотна ма-

териала дорожной одежды в течение одного годового цикла. Данные изменения модуля упругости зависят от погодно-климатических факторов. Если сравнить изменение модуля упругости за три года эксплуатации автомобильной дороги, то можно утверждать, что характер изменения модуля упругости во времени играет важную роль и имеет циклический характер с периодом в один год. В интервале периода имеются характерные точки-экстремумы, на основании которых можно говорить о распределении экстремумов функции  $E(t)$ .

Для практических целей можно использовать зависимость (4) для прогнозирования с определенной надежностью количества дней, когда дорожная конструкция будет иметь требуемый модуль упругости, на основании которого можно судить о прочности дорожной одежды в определенное время года.

Рассмотрим конкретный случай, используя данные графика, представленного на рис. 2.

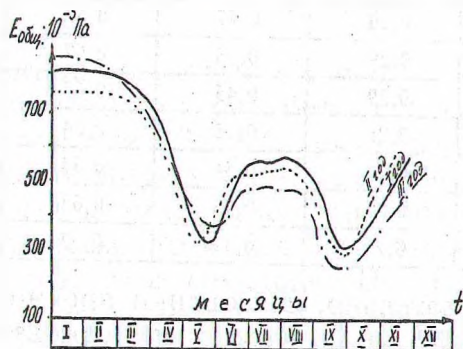


Рис. 2. Изменение модуля упругости дорожной одежды в течение года

$$\frac{1}{\lambda} = M(E_{\text{экс}}) = \frac{\sum E_{\text{экс}}^i}{n} = 406;$$

$$T = M(\tau) = \frac{\sum \tau_i}{n-1} = 52,11; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (T - \tau_i)^2}{n-1}} = 51,30.$$

Для получения численного значения вероятности того, что на промежутке длиной  $t$  (дней) значение  $E$  (модуля упругости) не выйдет за пределы  $\alpha E$  и  $\beta E$  нами составлена программа, которая реализована на ЭВМ. Результаты расчета представлены в таблице, которые подтверждают теоретические предположения, так как при  $t \rightarrow \infty$ ,  $P(E) \rightarrow 0$ .

Таблица

Изменение вероятности невыхода за заданные пределы модуля упругости дорожной конструкции продолжительностью  $t$  суток

Сутки, $t$	Вероятность невыхода за пределы при $E_{тр} \cdot 10^{-5}$ , Па			
	400-600	350-650	300-700	250-750
1	0,52	0,56	0,81	0,99
2	0,46	0,51	0,78	0,99
3	0,41	0,48	0,74	0,98
4	0,38	0,47	0,70	0,98
5	0,30	0,47	0,69	0,97
6	0,29	0,46	0,67	0,95
7	0,29	0,45	0,65	0,93
8	0,28	0,45	0,64	0,91
9	0,27	0,44	0,64	0,90
10	0,27	0,43	0,63	0,89
15	0,24	0,39	0,57	0,81

Следовательно, для оценки прочности дорожной конструкции можно на основании малой выборки статистических данных об изменении модуля упругости дорожной конструкции дать заключение о прочности дорожной одежды как о генеральной совокупности.