

конструкцій (рис.7) придатний для відновлення залізобетонних елементів, що зазнали помітних руйнувань.

Звичайно, підсилення не вичерпується наведеними випадками підкріплення окремих залізобетонних елементів. В будівлях і спорудах можливе зведення додаткових балок, колон та інших елементів. Але за основними показниками саморегульовані конструкції відносяться до найбільш ефективних. Тому при підсиленні будов доцільно використовувати саморегульовано обтиснені конструкції. Особливо це вигідно застосувати там, де необхідно забезпечити мінімальний об'єм, що зайнятий несучими конструкціями.

УДК 625.855.3

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДОВГОВІЧНОСТІ МОНОЛІТНИХ ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

І.П.ГАМЕЛЯК – к. т. н, доцент,

В.Р.ШЕВЧУК – к. т. н, асистент, Український транспортний університет

Дана методика розроблена на основі створеної раніше моделі для оцінки руйнування монолітних шарів нежорсткого дорожнього одягу при втомі від дії транспортного навантаження. Методика призначена для оцінки фактичної міцності монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів та розрахунку їх залишкового ресурсу. Під залишковим ресурсом довговічності монолітних шарів розуміється кількість прикладань колісного навантаження, яку можуть витримати ці шари до розтріскування від втоми. Величина залишкового ресурсу виражається через залишковий строк служби до моменту відказу монолітних шарів при заданій інтенсивності руху автомобілів.

Під втомою розуміється процес поступового руйнування матеріалу шару від згину при кожному прикладанні колісного навантаження. В результаті повторних проїздів утворюються і розвиваються мікротріщини, що поступово переростають в макротріщину, яка поширюється і призводить до порушення суцільності монолітного шару. Ефект втоми матеріалу важко виявити в процесі накопичення пошкоджень за результатами досліджень механічних та фізичних властивостей матеріалу. Руйнування відбувається за відносно малий проміжок часу. Тому підхід, який застосований в даній методиці, оснований на прогнозі зміни міцності/довговічності мате-

ріалу залежно від напружено-деформованого стану шару, початкової міцності матеріалу та імовірності пошкоджень.

В результаті розтріскувань значно зменшується розподіляюча здатність монолітних шарів і їх гідроізоляційні функції. Це приводить до інтенсивного руйнування всієї конструкції і накопичення пластичних деформацій в ґрунті. Тому під відказом монолітних шарів розуміється момент часу, при якому відсоток площі покриття з тріщинами від втоми починає перевищувати заданий рівень надійності покриття.

Рівень надійності це величина, що визначає площу пошкодженого тріщинами від втоми покриття, яка є допустимою під кінець строку служби дорожнього одягу між капітальними ремонтами. Під розрахунковим періодом року розуміється проміжок часу максимального послаблення жорсткості дорожньої конструкції внаслідок зволоження ґрунту. Як правило, це весна, інколи осінь. Тривалість періоду залежить від водостійкості конструкції, типу ґрунту основи і земляного полотна, гідрологічних і кліматичних умов регіону і для умов України складає в середньому 20 днів у сезоні. Дана методика є експериментально-розрахунковою: на основі експериментальних даних про кліматичні умови пролягання автомобільної дороги, водно-тепловий режим конструкції, характеристики міцності, деформативності і довговічності матеріалів шарів, склад транспортного потоку і інтенсивність руху розраховується залишкова довговічність до моменту розтріскування монолітних шарів нежорсткого дорожнього одягу від втоми матеріалу.

Оцінка залишкової довговічності монолітних шарів складається з таких етапів: збір початкових даних; проведення експериментальних досліджень; камеральна обробка експериментальних даних; розрахунок залишкової довговічності. Експериментальні дослідження проводяться з метою визначення параметрів конструкції дорожнього одягу і встановлення її сезонних умов роботи. Ці дослідження складаються з польових візуально-інструментальних обстежень (температура і вологість конструктивних шарів, модуль пружності на поверхні покриття і параметри чаші прогину) та лабораторних випробувань відібраних матеріалів (міцність при згині, модуль пружності і показник довговічності монолітних матеріалів). Крім того встановлюється фактична інтенсивність руху автомобілів по сезонах року і розподіл проїздів по ширині смуги руху.

Об'єм необхідних експериментальних досліджень приймається на основі детальних статистичних обробок даних для досягнення оптимальної надійності результатів. Сезонні умови роботи конструкції осереднені в межах кожного місяця року. Розрахунок залишкової довговічності можна проводити як для прогнозу роботи

конструкції на стадії проектування, так і після певного строку її служби.

Суть розрахунку полягає в тому, що знаючи сезонні параметри конструкції, можна: встановити напруження розтягу в монолітних шарах, від яких розвивається втома, і допустиму сезонну кількість навантажень до руйнування; виходячи з фактичної інтенсивності руху автомобілів – оцінити відносну величину накопичення сезонних пошкоджень; знаючи фактичну початкову міцність монолітних матеріалів – встановити процес її зменшення при сезонних навантаженнях; визначити загальну довговічність монолітних шарів до руйнування, просумувавши величини сезонних пошкоджень.

Розрахунок залишкової довговічності розпочинається з визначення сезонного розподілу температури в шарах дорожньої конструкції та вологості ґрунту основи і земляного полотна в активній зоні. За результатами експериментальних даних про міцність, деформативність та втому матеріалів у діапазоні температур $t = -10 \div +50$ °С, та жорсткість конструкції дорожнього одягу розраховується напруження розтягу при згині монолітного шару $\sigma^{(i)}$ для кожного i -місяця року, наприклад, за формулою Горбунова-Посадова:

$$\sigma^{(i)} = \frac{3\pi r D^2}{2h_{a/b}^2} \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{D}{2h_{a/b}} \sqrt[3]{\frac{6E_{\text{зг.осн}}^{(i)}(1-v_{a/b}^2)}{E_{a/b}^{(i)}(1-v_{\text{осн}}^2)}} \right), \text{ МПа}, \quad (1)$$

де r , D – параметри колісного навантаження; $h_{a/b}$ – товщина монолітного шару; $E_{\text{зг.осн}}^{(i)}$ і $E_{a/b}^{(i)}$ – модулі пружності на поверхні основи і монолітного шару, відповідно; $v_{\text{осн}}$, $v_{a/b}$ – коефіцієнти поперечної деформації основи і монолітного шару, відповідно.

Гранична довговічність монолітних шарів по сезонах року:

$$N_i^* = \left(\frac{R_{\text{зг}}^{(i)}}{\sigma_p^{(i)}} \right)^b \cdot (1 - 0,1t)^b, \text{ розрахункових осей}, \quad (2)$$

де $R_{\text{зг}}^{(i)}$ – міцність на розтяг при згині матеріалу; b – параметр, який характеризує опір монолітного матеріалу руйнуванню від втоми; t – коефіцієнт Стьюдента, величина якого залежить від прийнятого коефіцієнта надійності конструкції дорожнього одягу.

Формула (2) враховує, що розрахункові осі рухаються слід в слід. Насправді ж має місце розподіл проїздів по ширині смуги руху. Тому, розглядаючи процес розвитку тріщини від втоми, слід врахувати і накопичення пошкоджень від бічних проїздів осей. Для цього використовується коефіцієнт приведення проїздів, розподілених по ширині смуги руху за нормальним законом :

$$\beta_{non}^{(i)} = \pi k_i S_N \sqrt{b}, \quad (3)$$

$$k_i = \frac{2}{D\sqrt{\pi}} \operatorname{arctg} \left(\frac{D}{2h_{a/\delta}} \sqrt[3]{\frac{6E_{заг.осн}^{(i)}(1-\nu_{a/\delta}^2)}{E_{a/\delta}^{(i)}(1-\nu_{осн}^2)}} \right), \quad (4)$$

де S_N – середньоквадратичне відхилення центра відбитку колеса від його середнього положення на смузі руху.

Тоді інтенсивність руху розрахункового навантаження, приведена до одного сліду:

$$n_p^{(i)} = \frac{N_p D_i \gamma_i}{\beta_{non}^{(i)}}, \text{ розрахункових осей/місяць}, \quad (5)$$

де N_p – середньорічна інтенсивність руху розрахункового навантаження; D_i – кількість днів у i -місяці року; γ_i – коефіцієнт сезонних коливань інтенсивності руху

$$\gamma_i = \frac{N_p^{(i)}}{N_p}, \quad (6)$$

де $N_p^{(i)}$ – інтенсивність руху розрахункового навантаження в i -місяці року, розрахункових осей/(добу·1 смугу руху).

Відносна величина накопичення сезонних пошкоджень становитиме:

$$\left(\frac{n_p}{N^*} \right)_i = \frac{n_p^{(i)}}{N_i^*}. \quad (7)$$

Якщо визначити міцність на розтяг при згині монолітного шару для найбільш холодного місяця року $R_{зг}^{(i=1)_{заг}}$, то знаючи величину сезонних пошкоджень можна розрахувати процес втрати міцності матеріалу до моменту руйнування:

$$R_{зг}^{(j)} = R_{зг}^{(i=1)} \left(1 - \sum_j \left(\frac{n_p}{N^*} \right)_j \right)^{1/b}, \text{ МПа}, \quad (8)$$

де

$$\sum_j \left(\frac{n_p}{N^*} \right)_j = \sum_{j=1} \left(\frac{n_p}{N^*} \right)_{j-1} + \left(\frac{n_p}{N^*} \right)_i. \quad (9)$$

Виходячи з правила лінійного сумування пошкоджень Пальм-грена-Майнера залежність (8) має смисл при умові $R_{за}^{(j)} \geq 0$, тобто в діапазоні зміни аргументу

$$0 \leq \sum_j \left(\frac{n_p}{N^*} \right)_j \leq 1, \quad (10)$$

де j – послідовність місяців року.

При значенні 0 пошкодження відсутні, а при 1 – конструкція зруйнована. Кількість місяців j , при яких умова (10) перестає виконуватись, становить строк служби до руйнування $T_{сл}$

$$T_{сл} = \frac{j}{12}, \text{ роки.} \quad (11)$$

Таким чином величина $T_{сл}$ характеризує період часу до моменту виникнення розтріскування від втоми монолітних шарів нежорстких дорожніх одягів.

Процес зміни міцності монолітного шару нежорсткого дорожнього одягу $R_{за}^{(j)}$ під час служби аж до руйнування можна представити у вигляді графіка (рис.2). Хвилястий характер залежності свідчить про те, що інтенсивність накопичення пошкоджень монолітним шаром (в даному випадку асфальтобетону) змінна впродовж року і строку служби. При постійній величині навантаження пошкодження від втоми матеріалу більш інтенсивно накопичуються в зимово-весняний період внаслідок низьких температур, високої вологості ґрунту земляного полотна та в кінці строку служби в результаті зменшення коефіцієнту запасу міцності.

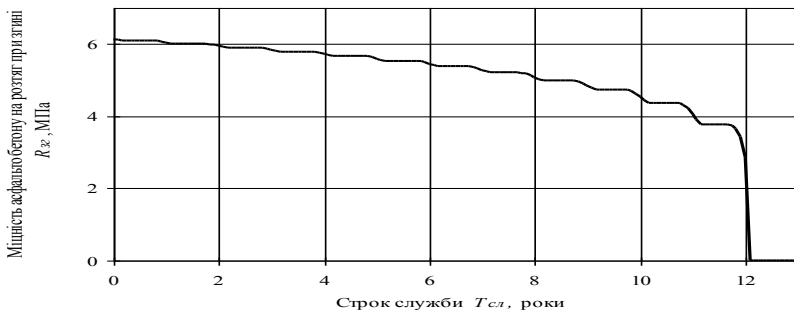


Рисунок 1. Визначення строку служби асфальтобетонного покриття на магістральній автомобільній дорозі

Як показують експериментальні дослідження, тріщина в монолітному шарі позначається на зменшенні жорсткості конструкції на ширину приблизно до 0,75 м в кожен бік. Тому тріщина від втоми на одній смузі руху шириною 3,75 м призведе до відказу 1,5 м ширини покриття. Якщо надійність конструкції дорожнього одягу складає $K_H=0,9$, тобто допускається, щоб під кінець строку служби 10 % площі покриття було пошкоджено, значить відказом ділянки слід вважати розвиток тріщин від втоми на площі понад $3,75 \text{ (м)} * 1000 \text{ (м)} * 10 \% = 375 \text{ (м}^2\text{/км)}$, або по довжині, яка перевищує $375 \text{ (м}^2\text{/км)} / 1,5 \text{ (м)} = 250 \text{ (м/км)}$ на 1 смугу руху. Встановити площу пошкодження через період часу можна, якщо в формулі (8) величину $R^{(j=1)}_{3z}$ представити як випадкову величину, розподілену за статистичним законом, вигляд якого встановлюється за результатами обробки експериментальних даних по випробуванню кернів монолітного матеріалу.

Результати оцінки залишкового ресурсу довговічності призначені для раціонального утримання мережі магістральних автомобільних доріг, а саме: для прогнозу зміни міцності і довговічності дорожньої конструкції по сезонах року та за строк служби; для обґрунтування величини і черговості витрат на підсилення дорожніх одягів; для здійснення контролю за дотриманням вагових параметрів транспортних засобів по сезонах року.