

Мусієнко І.В.

ВРАХУВАННЯ ЗМІН ОСЬОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

Вступ

Автомобільний транспорт - дуже розповсюджений вид транспорту. Будівництво та утримання автомобільних доріг є енерго- та матеріалоемним виробництвом. Особливо це торкається будівництва дорожніх одягів. Тому до раціонального розрахунку дорожнього одягу потрібно висувати високий рівень вимог: сучасність методів розрахунку, їх досконалість (принаймні як можна більший ступінь теоретизування), тощо.

Стан питання

Прийнятий на Україні розрахунок дорожніх одягів, відображений у останніх нормах [1], є удосконаленим розрахунком, створеним радянськими вченими ще в середині ХХ сторіччя [2].

При розрахунку дорожнього одягу не жорсткого типу, для розрахунку за допустимим пружним прогином, необхідно розрахувати сумарну кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу (формула 3.5, с.30 [1]). Для цього необхідно знати приведену до розрахункового навантаження інтенсивність руху на кінець строку служби.

$$N_p = f_{\text{смуги}} \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{\text{т сум}}, \quad (1)$$

де $f_{\text{смуги}}$ - коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 3.2 [1];

n - загальна кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

N_m - кількість проїздів за добу в обох напрямках транспортних засобів i -ої марки;

$S_{m \text{ сум}}$ - сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -ої марки до розрахункового навантаження ($Q_{\text{розр}}$).

Значення сумарного коефіцієнта приведення різних марок автомобілів до розрахункового навантаження визначають за формулою (Ж.1 [1]):

$$S_{i \text{ сум}} = \sum_1^m S_n, \quad (2)$$

де n - число осей у даного транспортного засобу для приведення якого до розрахункового навантаження визначають коефіцієнт $S_{i \text{ сум}}$;

S_n - коефіцієнт приведення номінального динамічного навантаження від колеса з кожної із n осей транспортного засобу до розрахункового динамічного навантаження.

Вище наведені формули реалізують принцип приведення вантажних автомобілів до розрахункових. Цей принцип містить 2 припущення:

1. Якісне припущення: ті конкретні марки вантажних автомобілів, які експлуатуються на даний момент часу, будуть експлуатуватися на кінець строку служби дорожнього одягу. Це видно з додатку Ж, де представлені сучасні автомобілі [1]. Але це не логічний підхід. Такий підхід був припустимим для Радянського Союзу в середині - другій половині ХХ сторіччя, коли була обмежена кількість марок вантажних автомобілів, були відомі довгострокові плани виробництва, модернізації та заміни типажів. Відомо, що з часом змінюються технічні характеристики рухомого складу

(збільшуються осьові навантаження, змінюються габарити та інш.), взагалі змінюється філософія процесу транспортування вантажів та перевезення пасажирів.

2. Кількісне припущення: той склад руху, який мається на даний момент часу, буде і на кінець строку служби автомобільної дороги. Але склад руху з часом змінюється також.

Виходячи з цього, вищенаведений принцип є недосконалим.

Найбільш досконалим на даний момент часу буде підхід з використанням довгострокового прогнозування осьових навантажень.

Концепція довгострокового прогнозування осьових навантажень

В основу більшості методів прогнозування покладено три основні ідеї: ідея екстраполяції, ідея математичного моделювання та ідея експертних оцінок. Різноманітна комбінація цих ідей складає сутність пропонованих методів прогнозування в сфері автомобільного транспорту [3].

При розгляді багаторічних динамік зміни розрахункових характеристик виявлено характер розвитку у часі, який можна теоретично обґрунтувати з позиції замкненості і розімкнутості станів системи. У замкненому стані відбувається функціонування системи, у розімкнутому стані відбувається розвиток системи. Сукупність періодів замкненого і розімкнутого станів складають еволюціонування системи. Тому, до методів довгострокового прогнозування осьових навантажень на автомобільних дорогах повинні бути пред'явлені вимоги розгляду кожного стану (і відповідного йому періоду) окремо.

У замкненому стані пропонується модель прогнозування, що характеризує вірогіднісну сторону кількісної зміни досліджуваної характеристики в межах

двох фіксованих рівнів: початкового X_o і кінцевого X_s [4]:

$$X(t) = X_o q(t) + X_s p(t), \quad (3)$$

де $X(t)$ - поточна кількісна характеристика компоненту системи;

X_o - кількісна характеристика компоненту при $t = 0$;

X_s - задана характеристика компоненту;

$q(t)$ - імовірність того, що компонент системи не перейшов у заданий стан;

$p(t)$ - імовірність переходу компонента в заданий стан.

Для розімкнутого стану пропонується модель прогнозування, що базується на кореляційному зв'язку між поточною ентропією і прогнозованою характеристикою осьового навантаження.

$$X^s(t) = bH^s(t), \quad (4)$$

де $X^s(t)$ - зміна кількісної характеристики стану системи в часі;

$H^s(t)$ - поточна ентропія системи;

b - коефіцієнт пропорційності і розмірності:

$$b = \frac{X_o^s}{H_o^s}, \quad (5)$$

де X_0^S - чисельне значення досліджуваної характеристики на початку розімкнутого прогнозованого періоду;

H_0^S - чисельне значення поточної ентропії системи на початку такого ж розімкнутого періоду на попередньому етапі.

Модель розвитку системи в розімкнутому стані представлено у вигляді динаміки розвитку поточної ентропії, яка описується кривою адаптації (рис.1) за формулою

$$H^S(t) = e^{-\alpha} \left[\frac{H'_0 + \alpha(H_0 - H_y)}{\beta} \sin \beta t + (H_0 - H_y) \cos \beta t \right] + H_y, \quad (6)$$

де α - декремент загасання коливань;

H'_0, H_0 - похідна поточної ентропії (при $t=0$) і її початкове значення, дв. од;

H_y - стає значення поточної ентропії (межа адаптаційних можливостей системи), дв. од.;

$$\beta - \text{кругова частота коливань, } \beta = \frac{2\pi}{T};$$

T - період коливань.

Для замкненого стану прийнята модель функціонування системи, яка ґрунтується на визначенні імовірностей переходу від початкових до кінцевих значень прогнозованих характеристик осевих навантажень згідно з Яреценко Н. В.

Розбивка на лаги станів системи може здійснюватися трьома способами.

Перший спосіб ґрунтується на дослідженні кількості і якості винаходів; розгляді процесів винаходу у часі, співвіднесенні періодів винаходів з періодами впровадження цих винаходів. Враховується

припущення, що у розімкненому стані відбувається здебільшого нагромадження ідей, тоді як у замкненому стані відбувається реалізація цих ідей в промисловості.

Другий спосіб ґрунтується на дослідженні динаміки середньозважених значень характеристики. Сенс цього способу полягає у тому, що середньозважені значення характеристик осьових навантажень у динаміці можуть більш-менш різко змінюватися в залежності від стану системи.

Третій спосіб ґрунтується на дослідженні зміни максимальної ентропії: у замкненому стані максимальна ентропія стала, у розімкненому стані максимальна ентропія змінюється відповідно до кривої адаптації. Методика дослідження зміни ентропії була опублікована раніше [4].

Аналіз динаміки максимальної ентропії дає можливість визначити стан, у якому знаходиться система: якщо максимальна ентропія відносно стабільна, емпіричні значення не виходять за межі довірчого інтервалу - стан системи замкнений; якщо максимальна ентропія різко змінюється, динаміка носить коливальний характер, стабілізуючись на іншому рівні - стан системи розімкнутий.

Для кожного періоду потрібно розрахувати коефіцієнти приросту досліджуваних характеристик осьових навантажень по формулі:

$$k = B_k / B_0 , \quad (7)$$

де B_0 - початкове значення досліджуваних характеристик автомобіля в даному періоді еволюції;

B_k - кінцеве значення досліджуваних характеристик автомобіля в даному періоді еволюції.

Встановлено, що коефіцієнти приросту на першому періоді замкненого стану системи III етапу менше коефіцієнтів приросту на першому періоді замкненого стану системи II етапу в середньому по досліджуваних

характеристиках автомобільного транспорту світу в п'ять разів.

Дослідження ентропійних характеристик підтвердили вищевикладені припущення:

- у замкненому стані максимальна ентропія відносно стабільна,

- у розімкнутому стані максимальна ентропія змінюється відповідно до кривої адаптації,

- поточна ентропія в розімкнутому стані також описується кривою адаптації,

- абсолютна організація в замкненому стані системи зменшується, проходить через мінімум і, нарешті, зростає (перша частина процесу зміни рівня організації характеризує дезорганізацію "автомобіля", відбувається руйнування старого детермінізму, друга частина процесу зміни рівня організації характеризує формування нового детермінізму).

При загальносвітовому розгляді необхідно урахувати і загальносвітові катаклізми, наслідком яких є збої ритму розвитку системи. Дослідження показують, що збої ритму не впливають на кількісне значення розглянутих характеристик, однак їх варто урахувати при розбивці на лаги.

Порівняння чисельних значень дискретної зміни розрахункового навантаження з чисельними значеннями динаміки зміни конструктивного навантаження на вісь автомобіля показує їхню якісну ідентичність: розрахункове навантаження за досліджуваний період вище навантаження на задню вісь у середньому на величину 1.7σ (σ - середньоквадратичне відхилення конструктивного навантаження на задню вісь).

Порівняння світових тенденцій зміни розрахункових навантажень з нормативами СРСР (СНД) показало, що технічні норми, що вводяться СНД, не виходять за межі $\pm \sigma_p$ (σ_p - середньоквадратичне відхилення розрахункового навантаження для країн світу).

Результати вищенаведеного аналізу також підтвердили раніше вказаний Н. В. Ярещенко факт зменшення довжини періодів при переході з етапу на етап (у середньому в два рази). У середині етапу періоди замкненого стану зменшуються, а періоди розімкнутого стану збільшуються.

Довгостроковий прогноз розрахункових навантажень по світу показано на рис. 1.

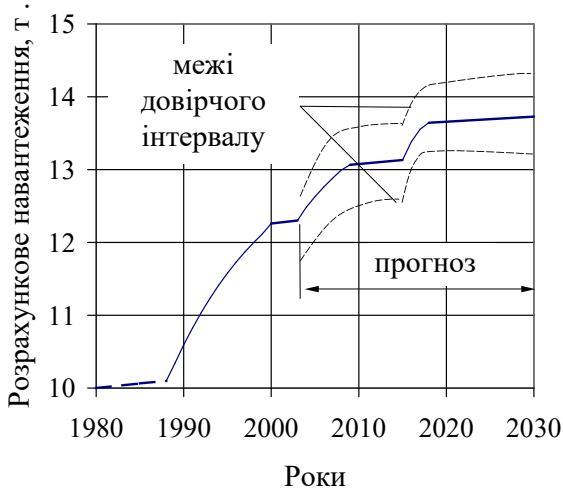


Рисунок 1 - Прогноз розрахункового навантаження по світу

Виходячи з вищенаведеного потрібно внести доповнення у методику розрахунку дорожнього одягу нежорсткого типу, використовуючи довгострокове прогнозування осевих навантажень. Ці доповнення будуть складатися з наступного:

Визначається коефіцієнт приведення до прогнозованих навантажень $S_{\text{прог}}$ за формулою:

$$S_{\text{прог}} = \left(\frac{Q_{\text{прогн}}}{Q_{\text{розд}}} \right)^{\beta}, \quad (8)$$

де $Q_{\text{прогн}}$ - прогнозоване навантаження на покриття [2] (див. рис. 1);

$Q_{\text{розн}}$ - розрахункове динамічне навантаження;

β - показник степені, що приймається рівним 4,4.

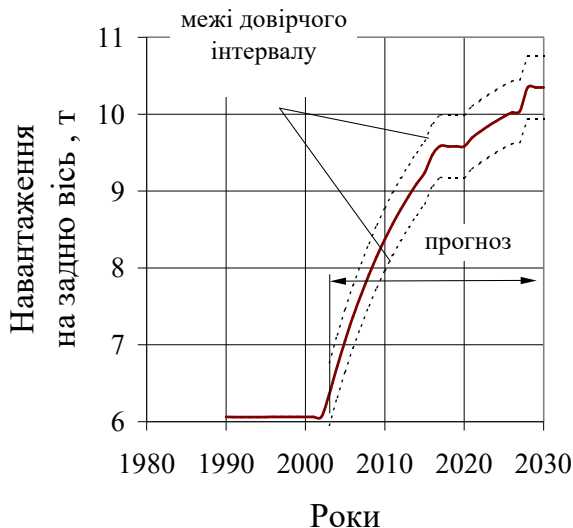


Рисунок 2 - Прогноз навантажень на задню вісь двохосьових вантажних автомобілів, які будуть зроблені у Східній Європі

2. Визначається приведена до прогнозованого навантаження інтенсивність руху $N^{\text{прог}}$ за формулою:

$$N^{\text{прог}} = f_{\text{смуги}} \cdot N_m^{\text{прог}} \cdot S_{\text{прог}} \quad (9)$$

де $f_{\text{смуги}}$ - коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 3.2;

$N_m^{\text{прог}}$ - кількість проїздів за добу в обох напрямках транспортних засобів;

$S_{m \text{ сум}}$ - коефіцієнт приведення до прогнозованих навантажень.

Надалі розрахунок ведеться відповідно до ВБН В.2.3-218-186-2004.

До вищенаведеного слід додати, що у роботах по довгостроковому прогнозуванню навантажень від рухомого складу на покриття уся увага була зосереджена на методології прогнозування. Сам прогноз потрібно і надалі удосконалювати за рахунок поповнення бази вихідних даних.

Висновки

У статті була зроблена спроба перегляду деяких принципів у розрахунках нежорстких дорожніх одягів. Зокрема, було розглянуто принцип приведення вантажних автомобілів до розрахункових, і доведена його нераціональність. Розглянута концепція довгострокового прогнозування осьових навантажень. Запропоновано доповнення методики розрахунку дорожнього одягу за рахунок довгострокового прогнозування осьових навантажень, в якій ліквідовані недоліки у якісному і кількісному припущеннях вищенаведеного принципу.

В плані подальших досліджень потрібно переглянути спосіб знаходження розрахункових навантажень, прийнятий в ВБН В.2.3-218-186-2004. Цю характеристику теж потрібно прогнозувати на довгострокову перспективу. Приклад такого прогнозу наведено вище (рис. 1).

Література

1. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. - Замість ВСН 46-83/ Минтрансстрой СССР; Введ. 2004. - К.: Держ. служ. автомоб. доріг Укр. "Укравтодор", 2004. - 176 с.

2. Иванов Н.Н., Пузаков Н.А., Мотылев Ю.Л., Кривисский А.М. Анализ существующих методов расчёта нежёстких дорожных одежд, опыт их применения и перспективы развития: Совместное заседание секций. №505. - М.: Автотрансиздат, 1956. - 12 с.

3. Мусиенко И.В. Долгосрочное прогнозирование расчётных нагрузок на автомобильных дорогах: Дис... канд. техн. наук: 05.22.01. - Киев, 2004. - 173 с.

4. Ярещенко Н.В. Долгосрочное прогнозирование скоростей движения на автомобильных дорогах: Дис... канд. техн. наук: 05.22.11. - Харьков, 1999. - 160 с.

5. Гаврилов Э.В., Мусиенко И.В. Динамика энтропии расчётных характеристик грузовых автомобилей // Вестник ХНАДУ: Сб. научн. тр. - Харьков: ХНАДУ. - 2001. - Вып. 15 - 16. - С. 14 - 17.