

В. В. РИБКІН, М. А. АРБУЗОВ (ДІТ)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ПОЗДОВЖНИМИ НАПРУЖЕННЯМИ В РЕЙКОВИХ ПЛІТЯХ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

Проведено порівняння методів контролю за поздовжніми напруженнями в рейкових плітях безстикової колії. Визначено, що магнітний метод являється перспективним.

Проведено сравнение методов контроля продольных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути. Определено, что магнитный метод является перспективным.

Comparison of the longitudinal stresses monitoring methods in continuous welded rails is made. It is determined, that the magnetic method is perspective.

Одночасно з вкладанням перших дослідних ділянок безстикової колії температурно-напруженого типу виникла необхідність у вимірюванні поздовжніх напружень в рейкових плітях. Актуальність контролю механічних напружень залишилася досьогодні.

Роботи, пов'язані зі створенням надійних методів контролю напружень, ведуться в багатьох країнах. По принципу дії ці методи можна по-

ділити на дві основні групи: методи, що визначають напруження по зміні геометричних розмірів рейкової пліті, та методи, що визначають напруження по зміні фізичних властивостей матеріалу рейки (рис. 1).

До першої групи входять такі підгрупи як тензометричний, силометричний та оптичний методи вимірювання механічних напружень. До другої – ультразвуковий, електрохімічний та магнітний.

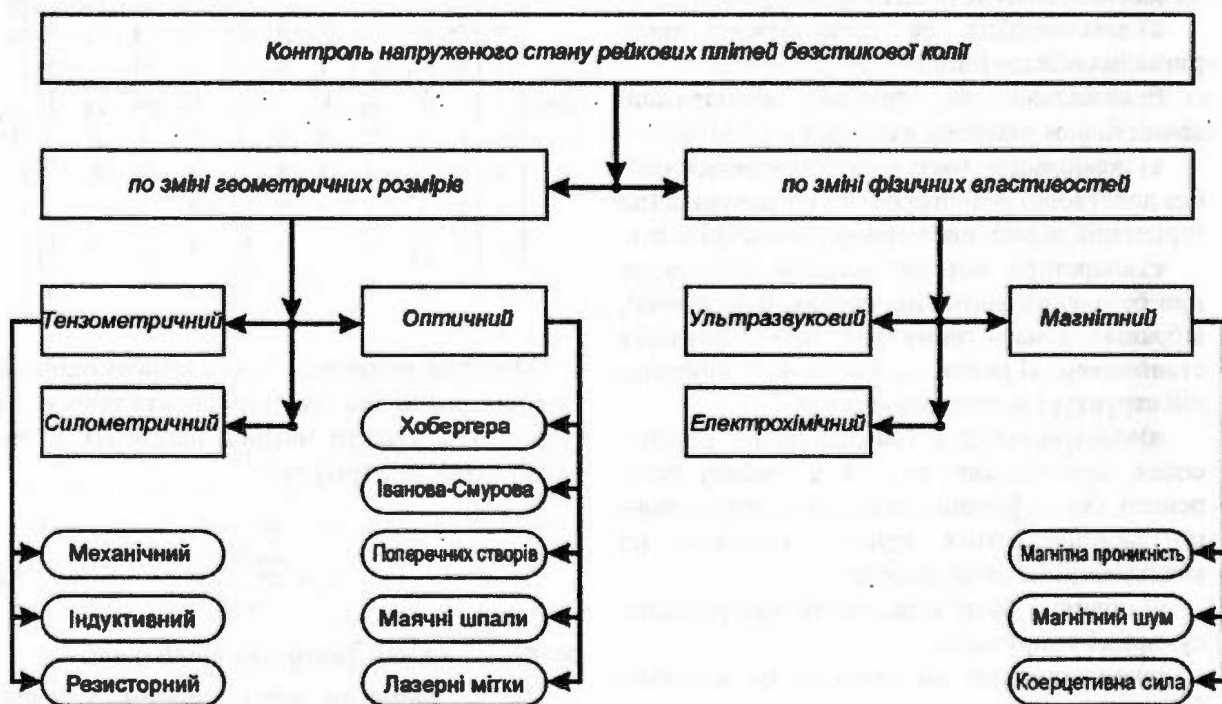


Рис. 1. Класифікація методів контролю напружень в рейкових плітях

Тензометричні методи засновані на вимірюванні деформацій, що в більшості випадків дає можливість оцінити напружений стан. З усього спектру тензометрії в безстиковій колії використовувався лише метод тензометрів, і то частково: електричні тензометри індуктив-

ності, електричні тензометри опору (тензорезистори) та механічні тензометри (прилад МТ-200) [1].

Силометричний метод використовує такі прилади для вимірювання сили як динамометри та прилади, що складаються з датчиків

сили та підсилювачів вихідного сигналу. Силометричний метод безпосередньо вимірює зусилля та напруження.

Перевіряти напружений стан пліти по зміні геометричних розмірів можна і різними оптичними методами: оптичний деформометр Г. Хобергера, спосіб візирного променя О. Г. Іванова і М. І. Смурова, поперечних створів, спосіб «маячних» шпал [2] та спосіб нанесення лазерних міток.

Принцип ультразвукових методів контролю – зміна швидкості проходження звуку через матеріал при зменшенні чи збільшенні механічного навантаження.

Електрохімічний метод контролю визначає напруження по приросту електрохімічних потенціалів шийки та голівки рейки.

В основі магнітних методів лежать такі магнітні параметри як проникність матеріалів, магнітний шум (ефект Баркгаузена), величина коерцитивної сили, що змінюються у залежності від ступеня стискання чи розтягання [3].

Аналізуючи недоліки та переваги всіх методів контролю напруженого стану рейкових плітей можна скласти вимоги до необхідного на сьогоднішній день методу контролю:

а) довговічність та багаторазове використання обладнання;

б) стабільна на протязі експлуатації точність вимірювання напружень ± 5 МПа;

в) інформація (результат вимірювання) – без додаткової розшифровки і розрахунків (по стрілочній шкалі, цифровому дисплею і т. д.);

г) апаратура повинна надійно працювати при будь-яких погодних умовах, перевезенні, вібраціях, в магнітному полі, при будь-якому стані поверхні рейок, при будь-якій внутрішній структурі металу рейки і т. д.;

д) обслуговування (вимірювання, перенесення, зарядка, заправка і т. д.) зособу створеного для здійснення певного методу повинно забезпечуватися однією людиною по кваліфікації не вище техніка;

е) повинна бути можливість вимірювання сумарних напружень;

ж) використане обладнання не повинно бути дорогим;

з) можливість безперервного вимірювання напружень;

и) простота у виготовленні і експлуатації засобу вимірювання;

к) метод повинен передбачати не обов'язковість попередніх початкових відліків.

Всі ці вимоги різноманітні і важливі. Для

з'ясування ступені важливості кожної із вимог використано метод аналізу ієрархій (МАІ), який за допомогою кількісної оцінки може встановити співвідношення між даними вимогами. Складемо матрицю A співвідношення важливості висунутих вимог, кожен елемент якої a_{ij} являється чисельною оцінкою важливості i -ї вимоги над j -ю. Рівнозначність оцінюється 1 балом. Незначна перевага – 3 бали, середня перевага – 5 балів, сильна перевага – 7 балів, і повна перевага i -ї вимоги над j -ю – 9 балів. Зворотнє співвідношення вимог по ступені важливості виражається оберненим числом, тобто

$$a_{j,i} = \frac{1}{a_{i,j}}. \quad (1)$$

Для збільшення рівня об'єктивності в оцінці складених вимог необхідна участь декількох незалежних експертів.

Таким чином, матриця A співвідношення важливості висунутих вимог приймає вигляд:

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
а	1	1/7	1/3	1/5	1	1/9	1/5	1/7	1/5	1/7
б	7	1	5	3	7	1/3	3	1	3	1
в	3	1/5	1	1/3	3	1/7	1/3	1/5	1/3	1/5
г	5	1/3	3	1	5	1/5	1	1/3	1	1/3
д	1	1/7	1/3	1/5	1	1/9	1/5	1/7	1/5	1/7
е	9	3	7	5	9	1	5	3	5	3
ж	5	1/3	3	1	5	1/5	1	1/3	1	1/3
з	7	1	5	3	7	1/3	3	1	3	1
и	5	1/3	3	1	5	1/5	1	1/3	1	1/3
к	7	1	5	3	7	1/3	3	1	3	1

$A =$

Матриця вагомості λ кількісною оцінкою показує розподілення ступеня важливості по вимогам. Елементи матриці вагомості λ визначаються за формулою

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{i,j}}{n}, \quad (3)$$

де n – кількість факторів порівняння;

$b_{i,j}$ – елементи нормалізованої матриці, що визначаються за формулою

$$b_{i,j} = \frac{a_{i,j}}{\sum_{i=1}^n a_{i,j}}. \quad (4)$$

Таким чином, матриця вагомості приймає вигляд

$$\lambda = \begin{array}{l|l} a & 0,018 \\ b & 0,145 \\ v & 0,034 \\ z & 0,066 \\ d & 0,018 \\ e & 0,296 \\ ж & 0,066 \\ з & 0,145 \\ u & 0,066 \\ k & 0,145 \end{array}$$

Як видно з матриці λ найбільш вагомим по ступені важливості фактором являється вимога е), що складає 29,6 %, найменш вагомими – вимоги а) та д), що складають по 1,8 %. Вагомість інших вимог займає проміжні значення.

Отже, маємо 10 складених вимог до необхідного на сьогоднішній день методу контролю, маємо кількісну оцінку вагомості кожної вимоги, та маємо 6 методів контролю: тензOMETричний, силOMETричний, оптичний, ультразвуковий, електрохімічний, магнітний, які для зручності відповідно позначимо по перших літерах латинського алфавіту t, s, o, u, e, m.

Складемо матрицю відповідності V певного методу певній вимозі. Якщо метод відповідає вимозі, позначаємо 1, не відповідає – 0, частково відповідає – 0,5.

$$V = \begin{array}{l|cccccccccc} & a & b & v & z & d & e & ж & з & u & k \\ \hline t & 0,5 & 0 & 0,5 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ s & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ o & 1 & 0,5 & 0 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \\ u & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ e & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ m & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 \end{array} \quad (6)$$

Для того, щоб остаточно прийняти рішення про те, який метод найбільш відповідає поставленим вимогам, підрахуємо матрицю R за формулою

$$R = V\lambda. \quad (7)$$

Матриця прийняття рішення приймає вигляд

$$R = \begin{array}{l|l} t & 0,242 \\ s & 0,230 \\ o & 0,389 \\ u & 0,638 \\ e & 0,316 \\ m & 0,828 \end{array} \quad (8)$$

Таким чином, з матриці прийняття рішення стає видно, що магнітний метод найбільш відповідає поставленим вимогам. Магнітний метод отримав найвищу оцінку 0,828 і зайняв перше місце. На другому місці знаходиться ультразвуковий метод з оцінкою 0,638. Третє місце при оцінці 0,389 займає існуючий сьогодні на залізницях оптичний метод вимірювання напружень.

Отже, використання методу МАІ при порівняльному аналізі методів контролю дає змогу зробити висновок про те, що саме магнітний метод вимірювання напружень в рейкових плітях безстикової колії являється найбільш необхідним, доцільним, перспективним і повинен отримати більш досконалий та глибокий розвиток як в теоретичному, так і в практичному аспекті.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Макаров Р. А. ТензOMETрия в машиностроении. – М.: «Машиностроение», 1975. – 406 с.

Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП/0081) К.: Транспорт України, 2002. – 106 с.

Рибкін В. В., Арбузов М. А. Спосіб визначення механічних напружень статичного характеру в рейці. 01.10.2004 № 6123. Декларційний патент на корисну модель.

Поступила в редколегію 29.05.2007