

ВИМІРЮВАННЯ НЕЙТРАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ РЕЙКОВОЇ ПЛІТИ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

Актуальною проблемою сьогодення на залізницях є утримання безстикової колії. Зараз на залізницях України використовується неточний метод контролю напруженого стану рейкової пліти, що не дає безпосередньої та правдивої картини розподілу величини напружень вздовж колії. Тому виникає необхідність застосування нового методу контролю, за допомогою якого визначаються напруження не лише температурні та напруження від уgonу, але й початкові та залишкові, тобто сумарні поздовжні напруження. Враховуючи той факт, що рейка виготовлена із феромагнітного матеріалу, в основу вимірювання механічних напружень покладене явище магнітної пружності. На цьому явищі побудований прилад для контролю сумарних поздовжніх напружень статичного характеру в рейці. Технічний результат використання нового методу – підвищення точності, швидкості, зручності та надійності вимірювання механічних напружень.

Актуальной проблемой сегодняшнего дня на железной дороге является содержание бесстыкового пути. Сейчас на железных дорогах Украины используется неточный метод контроля напряженного состояния рельсовой плиты, который не дает непосредственной и правдивой картины распределения величины напряжений. Поэтому возникает необходимость применения нового метода контроля, с помощью которого определяются напряжения не только температурные и напряжения от угона, но начальные и остаточные, т. е. суммарные продольные напряжения. Используя тот факт, что рельс изготовлен из ферромагнитного материала, в основу измерения механических напряжений положено явление магнитной упругости. На этом явлении построен прибор для контроля суммарных механических напряжений статического характера в рельсе. Технический результат использования нового метода – повышение точности, скорости, удобства и надежности измерения механических напряжений.

Nowadays the maintenance of long welded rails track is an urgent problem of railway industry. The inexact diagnostic method of the stressed state of long welded rails is used now on railways of Ukraine. This method does not give a direct and true picture of distribution and mode of the stress. Therefore there is a necessity of application of a new diagnostic method, which determines not only temperature stress and stress from longitudinal moving, but also initial and residual, i.e. total longitudinal stress. Taking into account that the rail is made of ferromagnetic material, the phenomenon of magnetic elasticity is used in measurement of mechanical stress. The device for the diagnostic of total mechanical longitudinal stress of static character in a rail is constructed, based on this phenomenon. The technical result of using the new method is an increase in accuracy, speed, convenience and reliability of mechanical stress measurements.

На залізницях України безстикова колія є основною найбільш прогресивною конструкцією колії.

У вільній від впливу рухомого складу рейці, яка лежить в колії, присутні сумарні напруження, що виникають від різних факторів: нерівномірності остигання рейки по її поперечному перетині після прокату, після правки рейки, транспортування, укладання рейок в криву з використанням ударних приладів, експлуатації та ремонту колії. На залізницях України на безстиковій колії ведеться контроль за температурними напруженнями та напруженнями викликаними угоном, не звертаючи увагу на вище перераховані, що виявляються нерідко одного порядку з напруженнями від впливу рухомого складу. До того ж сам процес контролю має ряд своїх недоліків:

– для визначення напруження в рейці використовується термометр і за формулою для затисненого стрижня розраховуються темпера-

турні напруження без врахування початкових напружень;

– відсутня можливість контролю за початковими напруженнями, оскільки ні термометром, ні за допомогою «маячних» шпал цього зробити неможливо;

– відсутність простого і надійного способу контролю повноти і рівномірності зняття напружень при їх розрядці;

– відсутність контролю напружень, що залишилися після розрядки і призводять до невідповідності температури закріплення нейтральної температури;

– при примусовому вводі рейкових плітей в розрахунковий температурний інтервал закріплення регулюванням їх довжини може бути допущена звичайна технологічна похибка, яка не контролюється і призводить до того, що при настанні температури закріплення напруження не дорівнюють нулю, як це передбачалось;

– при примусовому вводі зміна довжини рейкової пліті відбувається з подоланням погонного опору, і тому окрім контролю за рівномірністю подовження пліті потрібно виконувати контроль за залишковими напруженнями, що зараз, на жаль, не виконується;

– ведеться контроль напруженого стану безстикової колії по «маячних» шпалах, але ж це гарантія, що сама «маячна» шпала не зрушиться, тобто безпосередність знижує точність та надійність існуючого методу.

Оскільки зараз на залізницях України використовується неточний метод контролю напруженого стану, що не дає безпосередньої та правдивої картини розподілення напружень в рейковій пліті, то виникає необхідність застосування нового методу контролю, за допомогою якого визначаються напруження не лише температурні та напруження від уgonу, але й початкові та залишкові, тобто сумарні напруження.

Отже, перед нами поставлена задача по вимірюванню сумарних внутрішніх напружень у рейковій пліті безстикової колії. Якщо використовувати традиційний метод наклеювання тензорезисторів, то потрібно було б це робити до моменту укладання рейок. Заклеювати тензодатчиками рейку не раціонально, а наклеювати на вкладену та закріплену рейку даремно. Тому необхідно мати метод вимірювання напружень, який реагував би на стан кристалічної решітки.

Явище магнітної пружності являє собою зміну намагніченості феромагнітного матеріалу під впливом механічних пружних деформацій [1]. Тому саме це фізичне явище покладене в основу контролю зусиль та напружень [2].

У Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна розроблений та побудований авторами прилад на магнітопружному датчику [3]. Індикатором даного приладу є вольтметр змінного струму. Датчик був встановлений на дослідний зразок, у якому створювалися різні напруження, і при цьому фіксувалися показання вольтметра. Результати одного з експериментів наведені на рис. 1.

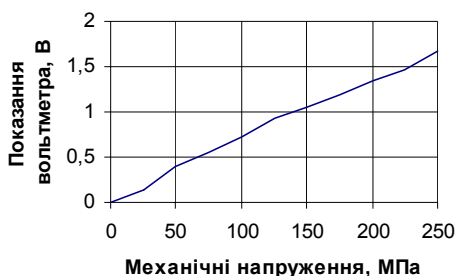


Рис. 1. Залежність показань приладу від механічних напружень отримана з одного експерименту

Після проведення багаторазових експериментів і апроксимації одержуємо лінійну залежність

показань приладу від механічних напружень. Прилад було випробувано в лабораторних умовах та на колії при вимірюванні сумарних механічних напружень статичного характеру. Чутливість приладу складає 0,5 МПа.

Введемо поняття «еквівалентний інтервал температури», під яким будемо розуміти зміну температури, що викликає напруження такої ж величини, як і дія зовнішніх механічних сил. Зараз на залізницях України для підрахунку еквівалентної та нейтральної температури використовуються відповідно формули (1) та (2), що за своїм фізичним змістом враховують лише напруження від уgonу [4].

Відхилення нейтральної температури від температури закріплення знаходиться за формулою

$$\Delta t = 85 \frac{\Delta l}{l}, \quad (1)$$

де Δl – фактично виміряне подовження (+) або вкорочення (–) пліті, мм; l – відстань між «маячними» шпалами, м.

Визначається значення нейтральної температури

$$T_0 = t_3 + \Delta t, \quad (2)$$

де t_3 – температура закріплення пліті, °С.

Перед виконанням колійних робіт на безстиковій колії виконуються такі операції. За наявності уgonу колії визначають зміну довжини даної пліті за зрушеннями її на «маячних» шпалах та підраховують еквівалентну температуру Δt , в якій, до речі, не враховані інші внутрішні напруження. Підраховують значення нейтральної температури T_0 . Кладуть термометр на рейку, отримують її фактичну температуру t_p і визначають перевищення Δt_{p-0} температури рейки відносно її нейтральної температури (рис. 2). Отримане значення зміни температури рейкової пліті Δt_{p-0} порівнюють з допустимим нормативним значенням, після чого приймається рішення про дозвіл на виконання певної роботи.

Але ж ті внутрішні напруження, якими просто нехтують, можуть мати однаковий порядок з напруженнями від рухомого складу і також роблять свій вагомий внесок в пониження стійкості чи міцності колії. Ситуація ускладнюється за наявності можливого зміщення «маячних» шпал. Тому дійсне перевищення Δt_{p-0} температури рейки відносно її нейтральної температури може виявитись більшим за розраховане по існуючому методу і перевищить нормативне значення. У такому разі при виконанні колійних робіт з'являється небезпечний стан порушення міцності чи стійкості. Причина цього знаходиться в неточному визначенні нейтральної температури.

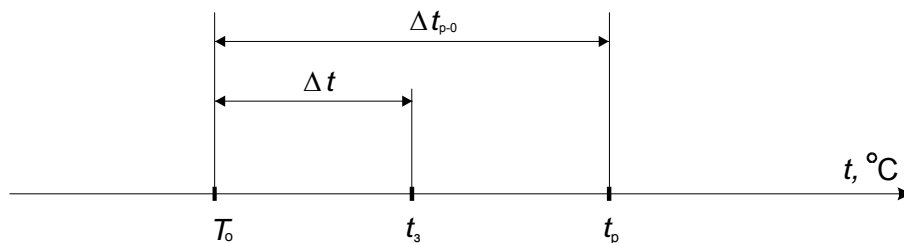


Рис. 2. Процес визначення зміни температури рейкової пліті при існуючому методі

Використовуючи прилад для вимірювання механічних напружень, що побудований на магнітопружному датчику, можна ліквідувати вищевказані недоліки і визначати в будь-якому перетині рейкової пліті, в будь-який час сумарні напруження.

Оскільки еквівалентна температура прямопропорційна напруженню, то, змінивши шкалу приладу отримуємо пристрій для вимірювання відхилення Δt_{p-0} температури рейки відносно її нейтральної температури.

Розробленим приладом вимірюється зміна температури рейкової пліті Δt_{p-0} , що еквівалентна сумарним напруженням в рейці. Кожна складова сумарних напружень може бути представлена у еквівалентному температурному вигляді. Тоді можна записати

$$\Delta t_{p-0} = \Delta t_{\text{темпл}} + \Delta t_{\text{уг}} + \Delta t_{\text{остиг}} + \Delta t_{\text{транс}} + \Delta t_{\text{уклад}} + \Delta t_{\text{експл}} + \Delta t_{\text{рем}} \quad (3)$$

де $\Delta t_{\text{темпл}}$ – зміна температури, що викликає безпосередньо температурні напруження; $\Delta t_{\text{уг}}$ – еквівалентний інтервал температури викликаний напруженнями угону; $\Delta t_{\text{остиг}}$ – еквівалентний інтервал температури викликаний напруженнями, що виникають від нерівномірності остигання рейки по її поперечному перетині після прокату, після правки рейки; $\Delta t_{\text{транс}}$ – еквівалентний інтервал температури викликаний напруженнями, що можуть виникнути при транспортуванні рейки; $\Delta t_{\text{уклад}}$ – еквівалентний інтервал температури викликаний напруженнями, що виникають при укладанні рейок в колію з використанням

ударних приладів; $\Delta t_{\text{експл}}$ – еквівалентний інтервал температури викликаний напруженнями, що накопичуються при експлуатації колії; $\Delta t_{\text{рем}}$ – еквівалентний інтервал температури викликаний напруженнями, що виникають при виконанні ремонтних робіт.

Отже, для визначення зміни температури рейкової пліті, використовуючи побудований прилад, виконується лише одна операція. Датчик встановлюється на рейку і відразу знімається відлік Δt_{p-0} , що показує зміну температури рейкової пліті відносно нейтральної температури.

Так як сумарні напруження можуть мати різний знак, тобто рейка може знаходитись в напруженому стані стиску чи розтягу, то і показання приладу можуть мати відповідно від’ємні чи додатні значення. При знаходженні нейтральної температури T_0 береться алгебраїчна сума фактичної температури рейки t_p і зміни Δt_{p-0} температури рейкової пліті відносно нейтральної температури.

Тоді значення нейтральної температури будуть знаходитись за формулою

$$T_0 = t_p + \Delta t_{p-0} \quad (4)$$

де t_p – фактична температура рейки додатна (+) або від’ємна (-), °C;

Δt_{p-0} – зміна температури рейкової пліті відносно нейтральної температури при розтягнутому напруженому стані (+) або при стисненому напруженому стані (-), °C.

Процес визначення нейтральної температури рейкової пліті зображено на рис. 3.

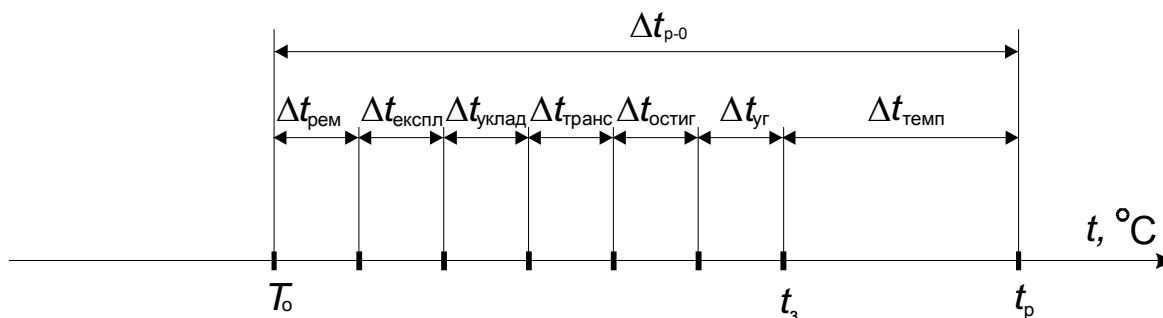


Рис. 3. Процес визначення нейтральної температури рейкової пліті при новому методі

Як ми бачимо з порівняння існуючого (рис. 2) і нового методу (рис. 3) останній виявляється більш точним, так як дозволяє врахувати всі поздовжні напруження, що присутні в рейці безстикової колії. Значно спрощується процес контролю за температурно напруженим станом рейкових плітей. При використанні нового методу зростає точність та надійність отриманих результатів, зменшуються трудовитрати на визначення еквівалентного інтервалу температури рейкової пліті, значно зменшується термін часу на виконання цієї роботи, а разом з тим з'являється широке коло застосування нового методу.

За нормативними документами в усіх випадках фактичні температури закріплення не повинні виходити за межі розрахункового інтервалу закріплення [4]. Як відомо, в результаті нерівномірності остигання рейки по її поперечному перетині після прокату і після її правки в ній виникають залишкові напруження біля 50–100 МПа і навіть більше [5]. При укладанні рейкових плітей в кривих, для поліпшення їх насування, користуються ударними приладами, або іншими засобами примусового поздовжнього переміщення плітей. Тому ще до появи температурних напружень рейка вже напружена. Отже, при закріпленні рейкової пліті вважається, що внутрішніх напружень немає, вимірюють термометром температуру рейки і закріплюють в розрахунковому інтервалі. А насправді, внутрішні напруження присутні і при їх переведенні в еквівалентну температуру може виявитись, що температура закріплення виходить за межі оптимального чи розрахункового інтервалу. Новий метод, на відміну від звичайного, дозволить вести такий контроль.

Розрядка для закріплення рейкових плітей на постійний режим експлуатації є досить відповідальною. Тому необхідно повністю зняти в рейкових плітях напруження [4]. Зараз на залізницях України повноту і рівномірність зняття напружень перевіряють по поздовжніх переміщеннях окремих перерізів пліті, нанесених через 50 м відносно «маячних» шпал, що

влаштовані через кожні 100 м. Показником повноти розрядки є припинення переміщень перерізів після ударів при примусовій дії на звільнену пліть. Але подовження чи вкорочення рейкової пліті відбувається з подоланням погонного опору. Тобто напруження в рейці ще присутні, а вважають, що їх вже немає. Тому новий пристрій є простим і надійним способом контролю повноти та рівномірності зняття внутрішніх напружень при розрядці.

При примусовому вводі рейкових плітей в розрахунковий температурний інтервал закріплення регулюванням довжини плітей за допомогою нового методу можна виконувати контроль за залишковими напруженнями.

Перед виконанням колійних робіт на безстиковій колії, використовуючи розроблений прилад, можна дуже швидко виміряти відхилення температури плітей від температури їх закріплення, і порівняти з допустимим нормативним значенням, що необхідно робити перед багатьма колійними роботами.

Таким чином, для контролю сумарних механічних напружень статичного характеру в рейках безстикової колії повинен використовуватися новий більш точний та надійний метод, який здійснюється за допомогою розробленого способу вимірювання механічних напружень [2] та пристрою для його здійснення [3].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гуманюк М. Н. Магнитоупругие датчики в автоматике. – К.: Техника, 1972. – 153 с.
2. Заявка на корисну модель № 20041007961 від 01.10.2004; рішення про видачу деклараційного патенту від 18.01.2005.
3. Заявка на корисну модель № 20041109814 від 29.11.2004; рішення про видачу деклараційного патенту від 09.03.2005.
4. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП/0081) – К.: // Транспорт України, 2002. – 106 с.
5. Шахуняц Г.М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.

Надійшла до редколегії 28.04.2005.