



Осипов Валентин Георгиевич родился в 1947 г. В 1970 г. окончил НИИЖТ, факультет «Строительство железных дорог» по специальности «Инженер путей сообщения — строитель». С 1972 по 2002 гг. руководил отраслевой научно-исследовательской Путьеиспытательной лабораторией НИИЖТа. В настоящее время работает доцентом кафедры «Путь и путевое хозяйство». Имеет более 70 научных работ.

Область научных исследований — работа длинных рельсов и бесстыкового пути в условиях Сибири, разработка автоматизированных систем управления в путевом хозяйстве.

E-mail: iaskway@stu.ru

УДК 625.143.482.004

В.Г. ОСИПОВ

ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЛЬСОВ И ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ

Предлагается обобщенное уравнение температурной работы рельсовых плетей бесстыкового пути, увязывающее температурные деформации и продольные силы в рельсовых плетях и позволяющее решать сложные случаи расчетов бесстыкового пути.

Ключевые слова: бесстыковой путь, расчеты, деформации, продольные силы.

Общеизвестно, что при изменении температуры свободно лежащих рельсов изменяется их длина. В случае невозможности температурных деформаций в рельсах возникают температурные силы, пропорциональные несостоявшимся деформациям. Величина этих температурных сил соответствует внешним силам N , которые необходимо было бы приложить к свободно лежащему рельсу, чтобы вернуть ему исходные размеры [1, 2].

Приравнявая температурные деформации Δl_t деформациям рельсов от воздействия внешних продольных сил Δl_N , определенным в соответствии с законом Гука, получаем уравнение для определения возникающих температурных сил в неподвижных рельсах при изменении их температуры на Δt :

$$l_t = \alpha l \Delta t; \quad (1)$$

$$\Delta l_N = \frac{Nl}{EF}, \quad (2)$$

где α — коэффициент линейного расширения рельсовой стали; l — длина рельса; E — модуль упругости рельсовой стали; F — площадь поперечного сечения рельсов.

При $\Delta l_N = \Delta l_t$ получаем

$$N_t = \alpha EF \Delta t. \quad (3)$$

То есть при наличии внешних продольных сил, равных N_p , длина рельса изменяться не будет. В случае если внешняя продольная сила N будет отличаться от N_p , произойдет деформация рельса на величину, равную сумме Δl_t и Δl_N , т.е.

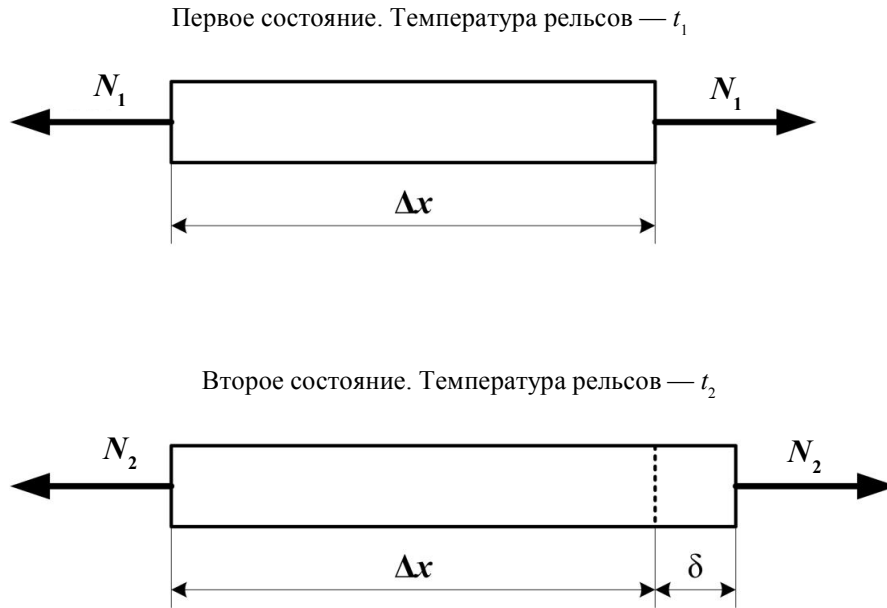
$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_N = \alpha l \Delta t + \frac{Nl}{EF}. \quad (4)$$

Примем координаты сечений рельсовой плети по ее длине за x . Выделим на этой плети элементарный участок рельса длиной Δx . Тогда суммарное изменение длины

этого элементарного участка на величину δ , которое произойдет при переходе из первого состояния во второе и при соответствующем изменении температуры рельса с t_1 до t_2 , т.е. на Δt и при изменении реакции соседних граничащих участков с N_1 до N_2 , т.е. на ΔN , можно будет определить как

$$\delta = \alpha \Delta x \Delta t + \frac{\Delta N \Delta x}{EF}. \quad (5)$$

Схемы приложения сил для первого и второго состояний приведены на рисунке.



Схемы приложения сил и деформации элементарного участка

Рассмотрим более длинный участок рельсовой плети от сечения $x = a$ до сечения $x = b$ общей длиной l_{ab} . Деформацию этого участка Δl_{ab} при изменении температуры от t_{1i} до t_{2i} и продольных сил от N_{1i} до N_{2i} можно определить, просуммировав (проинтегрировав) элементарные участки (при $\Delta x_i \rightarrow 0$) на всем протяжении рельсовой плети от сечения a до сечения b . В результате получим

$$\Delta l_{ab} = \int_a^b \alpha(x)(t_2(x) - t_1(x))dx + \int_a^b \frac{N_2(x) - N_1(x)}{E(x)F(x)} dx. \quad (6)$$

Полученное уравнение в общем виде отражает как температурную работу рельсовых плетей бесстыкового пути, так и общее изменение напряженно-деформированного состояния от воздействия внешних продольных сил.

В связи с тем, что в практических расчетах значения таких параметров, как α , t_1 , t_2 , E и F обычно по длине плети принимают постоянными, уравнение (6) может быть представлено в более упрощенном виде:

$$\Delta l_{ab} = \alpha l_{ab} \Delta t + \frac{1}{EF} \int_a^b (N_2(x) - N_1(x)) dx. \quad (7)$$

В этом уравнении $N_1(x)$ и $N_2(x)$ есть не что иное, как эпюры продольных сил на участке плети от сечения a до сечения b соответственно для первого и второго

состояний. Выражение $\int_a^b (N_2(x) - N_1(x)) dx$ соответствует изменению площади эпюры продольных сил при переходе рельсовых плетей на этом участке из одного состояния в другое. Данное обстоятельство может быть использовано при определении деформаций рельсовой плети графоаналитическим способом.

При разной температуре рельсов по длине плети, но постоянных значениях параметров α , E и F формула (6) принимает вид:

$$\Delta l_{ab} = \alpha \int_a^b (t_2(x) - t_1(x)) dx + \frac{1}{EF} \int_a^b (N_2(x) - N_1(x)) dx. \quad (8)$$

Представленные выше уравнения (6), (7) и (8) могут быть использованы для решения нестандартных задач при расчетах бесстыкового пути: определение перемещений сечений рельса в любой точке подвижного (дышащего) участка рельсовой плети; определение температурных сил на участках плетей с переменной площадью поперечного сечения (при стыковке рельсовой плети со стрелочным переводом или в зоне клееболтового стыка); оценка характера продольных сил на участках проявления угона рельсовых плетей бесстыкового пути и многих других.

Библиографический список

1. Шахуняц Г.М. Железнодорожный путь. М.: Трансжелдориздат, 1961. 616 с.
2. Ваттманн И. Продольные силы в рельсовом пути железных дорог // Бесстыковый железнодорожный путь / Пер. с нем. М.: Трансжелдориздат, 1959. С. 9–139.

V.G. Osipov. Generalized Equation for Deflected Mode of Lengths under Temperature Changes of Rails and Longitudinal Force.

A generalized equation of the temperature function of the lengths correlates thermal deformations with longitudinal forces and allows making complex calculations for long-welded rails.

Key words: *long-welded rails, calculations, deformations, longitudinal forces.*