

УДК 625.143.482.004

В.И. МАТВЕЦОВ, Н.Е. МИРОШНИКОВ, А.А. КЕБИКОВ
(Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь)

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНО-ПОДВИЖНЫХ УЧАСТКОВ РЕЛЬСОВОЙ ПЛЕТИ

Приводятся сведения о температурных режимах и графоаналитический способ анализа «дыхания» концевого участка плети.

Оптимизация температурной работы бесстыкового пути требует уменьшения длины участка дыхания рельсовых плетей и годовых продольных температурных деформаций, на величину которых влияет прямой и обратный ход температур. Прямым ходом температур называется повышение или понижение температуры сразу после укладки бесстыкового пути, а все последующие изменения температуры называются обратными.

Рассмотрим пример для района Минска (экстремальные температуры рельса $t_{\max} = +55^\circ\text{C}$, $t_{\min} = -39^\circ\text{C}$), при стыковом сопротивлении $R = 200$ кН и летнем и зимнем погонном сопротивлениях, соответственно равных $r_{\text{л}} = 65$ Н/см и $r_{\text{з}} = 250$ Н/см (по одной рельсовой нитке). После укладки бесстыкового пути начинается прямой ход температур в сторону ее повышения или понижения, в процессе которого после преодоления стыкового сопротивления начинает преодолеваться погонное сопротивление, препятствующее соответственно удлинению или укорочению рельсовой плети. Однако, достигнув экстремальных величин, температура начинает изменяться в другую сторону. При достаточном суточном перепаде температур, с первого момента обратного хода температур начинает убираться наведенное ранее и преодолеваться стыковое сопротивление другого знака. После преодоления двойного стыкового сопротивления, в процессе дальнейшего обратного хода температур, сразу же включается в работу погонное сопротивление. При этом с концевых участков рельсовых плетей начинает преодолеваться двойное погонное сопротивление (одновременно снимается погонное сопротивление, препятствовавшее ранее удлинению или укорочению рельсовых плетей, и преодолевается погонное сопротивление обратного знака). Аналогичная картина будет наблюдаться при всех последующих обратных ходах температур в процессе дальнейшей эксплуатации бесстыкового пути до очередного его ремонта или эпизодической разрядки температурных напряжений.

В рельсовых плетях, уложенных в районе Минска при температуре $+20^\circ\text{C}$ для преодоления одного стыкового сопротивления потребуется 10°C . Поэтому, начиная с температуры $+30^\circ\text{C}$, при дальнейшем ее повышении, начинает преодолеваться одно летнее погонное сопротивление (65 Н/см), препятствующее удлинению плети (линия 1, рис. 1).

В момент наступления максимальной расчетной температуры погонное сопротивление будет преодолено на концевом участке плети длиной $78,85$ м (см. линию 1). Достигнув своего максимального значения, температура начнет понижаться, т.е. начнется первый обратный ход температур, при котором, как говорилось ранее, необходимо преодолеть два стыковых и два погонных сопротивления. В нашем случае двойное стыковое сопротивление будет преодо-

лено при температуре $+35^{\circ}\text{C}$ (начало линии 2), а с дальнейшим понижением температуры будет одновременно с концов рельсовых плетей убираться погонное сопротивление, препятствовавшее удлинению и преодолевать погонное сопротивление, препятствующее укорочению рельсовой плети. В момент наступления температуры укладки и закрепления рельсовых плетей, т.е. при температуре $+20^{\circ}\text{C}$, погонное сопротивление будет преодолено на конечном участке длиной 23,65 м, что значительно меньше, чем при прямом ходе температур. При этом длина участка дыхания при минус 5°C достигнет всего лишь 63,08 м (см. линию 2).

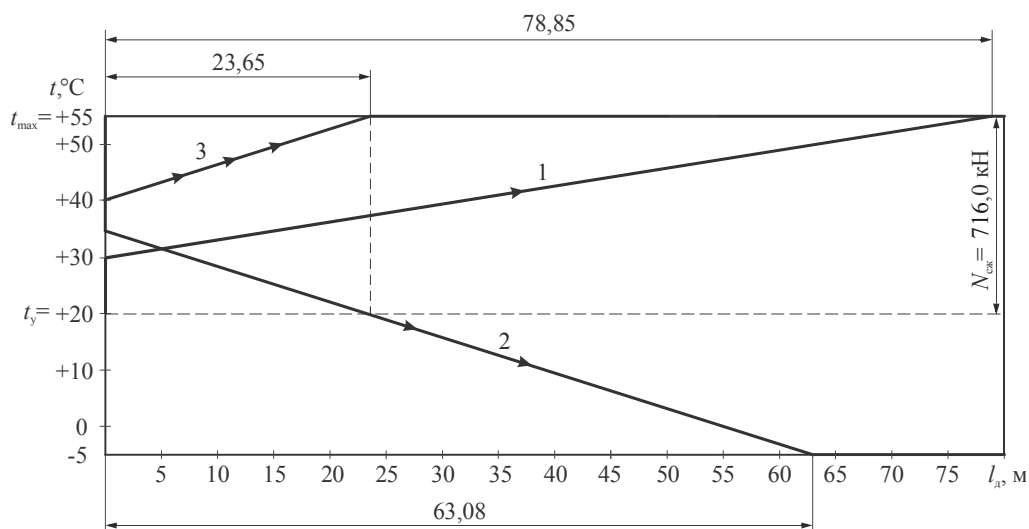


Рис. 1. Участок дыхания конечного участка плети при повышении температуры до максимального значения и последующем ее понижении

В случае, если в процессе обратного хода температура, достигнув $+20^{\circ}\text{C}$, начнет вновь повышаться, т.е. начнется второй обратный ход температур, то, в первую очередь, начнет убираться стыковое сопротивление, препятствовавшее перед этим укорочению плети, после чего преодолеется стыковое сопротивление, препятствующее ее удлинению. При этом двойное погонное сопротивление начнет преодолеваться с обоих концов рельсовых плетей с температуры $+40^{\circ}\text{C}$, а в момент наступления максимальной расчетной температуры указанное погонное сопротивление будет полностью преодолено на протяжении 23,65 м конечных участков рельсовых плетей (см. линию 3). На основании этого можно заключить, что при первом обратном и при всех последующих ходах температур летние погонные сопротивления будут преодолены при одном и том же перепаде температур на протяжении 23,65 м конечного участка плети, что меньше, чем при прямом ходе температур.

На рис. 2 рассмотрен процесс преодоления зимнего погонного сопротивления при прямом ходе температур и их понижении до своего минимального значения. Как правило, при построении объемлющих эпюр растягивающих температурных сил при понижении температур летнее погонное сопротивление не учитывают.

Как видно из рис. 2, после преодоления стыкового сопротивления при температуре $+10^{\circ}\text{C}$ включается в работу зимнее погонное сопротивление, которое в момент наступления минимальной расчетной температуры, преодолет

ется на длине 40,18 м (см. линию 1). При первом обратном ходе температур после преодоления двойного стыкового сопротивления при температуре минус 19 °С с концевых участков рельсовой плети начнется преодоление двойного погонного сопротивления (см. линию 2). В процессе преодоления двойного погонного сопротивления, наряду с увеличением длины рельсовых плетей, одновременно убирается погонное сопротивление, препятствовавшее укорочению плети, и преодолевается погонное сопротивление, препятствующее удлинению плети. В рельсовых плетях при этом убираются растягивающие температурные силы и возникают сжимающие температурные силы. В момент наступления температуры +10 °С, соответствующей температуре оттаивания балласта, погонное сопротивление будет преодолено на протяжении 11,98 м концевой участка плети, а при температуре +20 °С — на 15,99 м (см. линию 3). При последующем обратном ходе температуры преодоление погонного сопротивления начнется при температуре 0 °С и в момент наступления минимальной расчетной температуры, т.е. после понижения температуры на 39 °С, как и в первом обратном ходе температур, оно будет преодолено на протяжении 15,99 м концевой участка плети, что меньше, чем при прямом ходе температур.

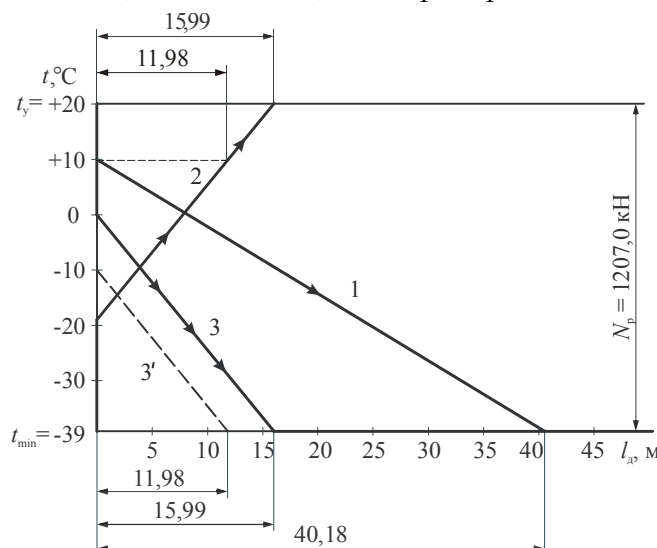


Рис. 2. Участки дыхания концевой участка плети при понижении температуры до минимального значения и последующем ее повышении

В случае, если при повышении температуры после прямого хода она достигла +10 °С и стала понижаться до своего минимального значения, то длина дыхания концевой участка рельсовой плети будет одинакова и составит 11,98 м (см. линию 3'). Такое положение характерно и для любой другой промежуточной температуры рис. 2.

На рис. 3 с учетом температуры замерзания балласта, принятой равной минус 5 °С, представлен процесс преодоления погонного сопротивления в районе Минска. Тогда, в рассматриваемом примере, при всех прочих равных условиях, при понижении температуры преодоление погонного сопротивления на концевых участках рельсовых плетей начнется при +10 °С, а при температуре –5 °С длина дыхания концевых участков составит 47,31 м. При понижении температуры ниже –5 °С с концов рельсовых плетей начинается преодоление добавленной в результате замерзания балласта части погонного сопротивления,

равной разнице между величиной зимнего и летнего погонного сопротивлений. Однако, в процессе понижения температуры уложенных в расчетном интервале температур рельсовых плетей, после преодоления стыкового сопротивления включается в работу летнее погонное сопротивление, которое, допустим, при температуре -5°C изменяется на зимнее. Полное зимнее погонное сопротивление в момент наступления минимальной расчетной температуры без учета летнего погонного сопротивления преодолелось бы на протяжении всего лишь 40,18 м, что меньше, чем при преодолении летнего погонного сопротивления. Для определения формы растягивающих сил объемлющей эпюры необходимо определить точку пересечения прямых, ограничивающих летнее и зимнее погонное сопротивление. Из точки $+10^{\circ}\text{C}$ в начале плети и из точки -39°C , удаленной от конца плети на 47,31 м проводим соответственно прямые под углом наклона зимнего и летнего погонного сопротивления. Кроме того, указанную точку можно определить аналитически. В результате проведенного анализа установлено, что эпюра растягивающих температурных сил имеет форму вогнутой ломаной линии с точкой перелома на расстоянии 37,82 м от конца плети.

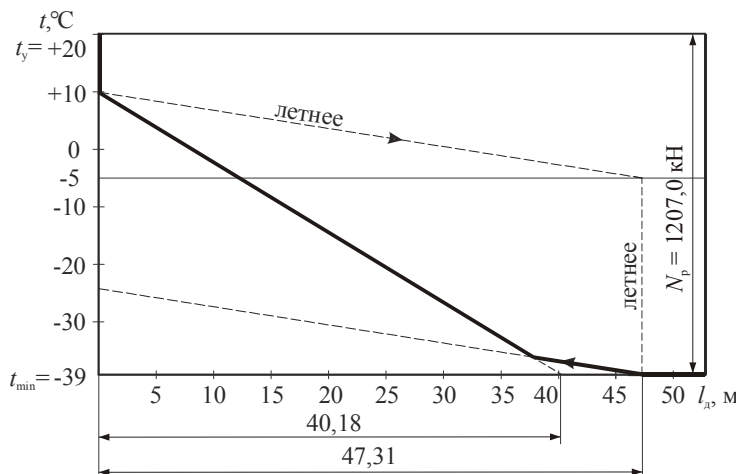


Рис. 3. Формирование участка дыхания конца плети с учетом замерзания балласта при длине зимнего участка дыхания меньше летнего и $t_y = +20^{\circ}\text{C}$

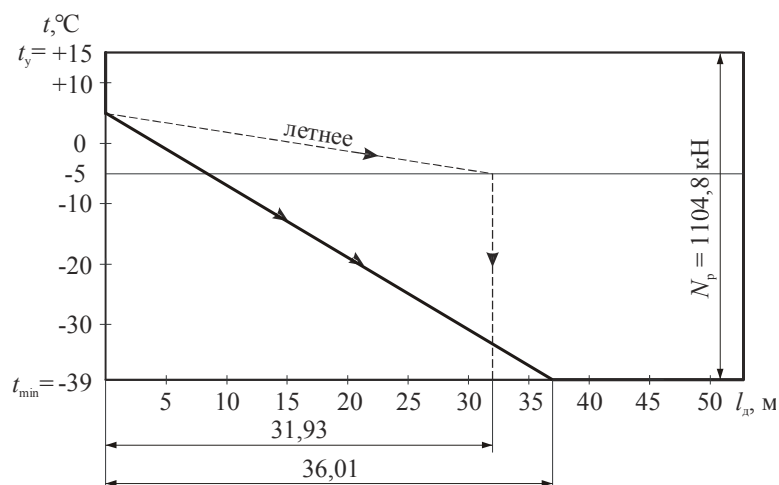


Рис. 4. Формирование участка дыхания конца плети с учетом замерзания балласта при длине зимнего участка дыхания больше летнего и $t_y = +15^{\circ}\text{C}$

В случае закрепления рельсовых плетей при температуре $+15^{\circ}\text{C}$ длина участка дыхания, на котором преодолено летнее погонное сопротивление, оказывается меньше того, на котором преодолено зимнее погонное сопротивление. Поэтому эпюра растягивающих сил ограничивается прямой линией (рис. 4).

Следовательно, при анализе температурной работы рельсовых плетей бесстыкового пути в годовом цикле температур необходимо учитывать особенности формирования деформаций концевых участков рельсовых плетей при прямом и обратном ходе температур в процессе преодоления летнего и зимнего погонного сопротивления.

Таким образом, графоаналитический способ анализа позволяет наглядно представить особенности работы температурно-подвижных концевых участков рельсовой плети с учетом замерзания балласта.