

Защо релсите не се измятат

В много учебници по физика може да се види снимка на железопътни релси, изметнати поради температурното разширение на метала. Текстът на съответния урок обикновено обръща внимание на огромните сили, които действат при температурното разширение и не пропуска да обясни, че за да се избегне това опасно явление, при монтажа между релсите се оставя определено разстояние. Тази междина е причина не само за характерното тракане на колелата при движение на влака, но и за по-бързото износване на краищата на релсите и поява на дефекти в метала. По тази причина днес, за да се избегнат отрицателните последици от наличието на междини, релсите се полагат на дълги участъци, всеки от които съдържа голям брой релси, заварени в краищата си с термит, така че между тях няма въздушна междина. Този факт е известен, но колцина са си задавали въпроса “А как при това положение се избягват проблемите с температурното разширение?”. Отговор на този въпрос дава Carl Hays в януарския брой на *The Physics Teacher* от 1998 г. Въпреки че числените примери, които той привежда, са свързани с американските стандарти, характерът на разглежданията е достатъчно общ, за да бъде интересен и за нашите учители.

В САЩ се използват релсови участъци с дължина $L \approx 457 \text{ m}$ (1500 ft). Ако приемем, че за нашите географски ширини годишната вариация на температурата е $\Delta t \approx 50 \text{ }^\circ\text{C}$ (зиме $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, лете $+35 \text{ }^\circ\text{C}$), температурната промяна на дължината на такъв участък ще бъде:

$$(1) \quad \Delta L = \alpha L \Delta t,$$

където $\alpha = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ е температурният коефициент на линейно разширение на стоманата. При указаните стойности на влизащите във формула (1) величини, разликата между лятната и зимната дължина на един релсов участък е $\Delta L \approx 27 \text{ cm}$. За да се избегне измятането, което би предизвикало подобно удължаване на участъка, релсите се полагат, когато температурата на околната среда е близка до максималната за дадената област. При по-ниски температури релсите се стремят да се скъсват и в тях се появяват сили, които ги поддържат изпънати.

При това положение остава въпросът дали тези сили не могат да предизвикат скъсване на релсите. При разтягане материалът на релсите може да издържи $5,2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$, преди да достигне границата на еластичността. Тъй като напречното сечение на релсата е $S = 86 \text{ cm}^2 = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, тя може да издържи без да се деформира пластично сила $F = 5,2 \cdot 10^8 \cdot 8,6 \cdot 10^{-3} \approx 4,5 \cdot 10^6 \text{ N}$. Максималното нормално външно напрежение F/S , което възниква в релсовия участък вследствие температурното скъсяване, съгласно със закона на Хук е:

$$(2) \quad \frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L}.$$

Тъй като за стоманата модулът на Юнг има стойност $2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$, скъсяване с 27 cm би предизвикало външно напрежение $1,2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ – стойност, която е достатъчно под допустимата $5,2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$. Спойките с термит също издържат подобни напрежения. Следователно наистина няма опасност от скъсване или пластична деформация на релсовия участък.

Авторът обаче разглежда само проблема при прави релси. Зимното скъсяване на релсовия участък в завой би трябвало да предизвика промяна на радиуса на кривината на релсите. В рамките на допустимото ли е тя, или как се компенсира?