

Задачи по теме «Расчеты пути на прочность и устойчивость»

3.7 Определить среднюю величину, среднее квадратическое отклонение и максимально вероятную величину расчетной нагрузки от колеса на рельс, если статическая нагрузка от веса экипажа на колесо $P_{ст} = 143139$ Н, а среднее значение силы инерции от колебания кузова на рессорах $P_p^{cp} = 15592$ Н, среднее квадратическое отклонение нагрузки от колебания надрессорного строения $S_p = 3598$ Н, от сил инерции необрессоренных масс, вызванных: неровностью на пути $S_{нп} = 8209$ Н, изолированной неровностью на колесе $S_{нк} = 15363$ Н, непрерывной неровностью на колесе $S_{нк} = 1330$ Н.

Средняя величина расчетной нагрузки – $P_{\text{расч}}^{\text{ср}}$;

Среднее квадратическое отклонение расчетной нагрузки – $S_{\text{расч}}$;

Максимально вероятная величина расчетной нагрузки – $P_{\text{расч}}$.

Решение задачи

Среднее значение расчетной нагрузки от колеса на рельс определяется по формуле

$$P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{р}}^{\text{ср}}. \quad (1)$$

Здесь $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка колеса на рельс;

$P_{\text{р}}^{\text{ср}}$ – среднее значение динамической добавки от колебания кузова на рессорах.

$$P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 143139 + 15592 = 158731 \text{ Н.}$$

Расчетная нагрузка определяется по формуле

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{расч}}^{\text{ср}} + \lambda_{\text{ф}} S_{\text{расч}}, \quad (3)$$

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{S_{\text{р}}^2 + S_{\text{нп}}^2 + (1 - q_1) S_{\text{ннк}}^2 + q_1 S_{\text{ннк}}^2}. \quad (2)$$

Численные значения $P_{\text{расч}}$ и $S_{\text{расч}}$ составят

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{3598^2 + 8209^2 + (1 - 0,05) \cdot 1330^2 + 0,05 \cdot 15363^2} = 9687 \text{ Н.}$$

$$P_{\text{расч}} = 158731 + 2,5 \cdot 9687 = 182946 \text{ Н.}$$

Решить задачу 3.7 при следующих исходных данных:

– $P_{ст} = 135000 \text{ Н};$

– $P_{ср}^p = 12000 \text{ Н};$

– $S_p = 3000 \text{ Н};$

– $S_{нп} = 7500 \text{ Н};$

– $S_{инк} = 11700 \text{ Н};$

– $S_{ннк} = 1000 \text{ Н}.$

1)
$$P_{расч}^{ср} = P_{ст} + P_p^{ср}.$$

2)
$$S_{расч} = \sqrt{S_p^2 + S_{нп}^2 + (1 - q_1)S_{ннк}^2 + q_1S_{инк}^2}.$$

3)
$$P_{расч} = P_{расч}^{ср} + \lambda_{\phi} S_{расч},$$

$$P_{расч}^{ср} = 135000 + 12000 = 147000 \text{ Н};$$

$$S_{расч} = (3000^2 + 7500^2 + 0,95 \cdot 1000^2 + 0,05 \cdot 11700^2) \text{ взять корень} = 8547 \text{ Н};$$

$$P_{расч} = 147000 + 2,5 \cdot 8547 = 168367 \text{ Н}.$$

3.8 Определить эквивалентную нагрузку $P_{\text{экв}}^I$ от колес двухосной тележки с расстояниями между осями $l_1 = 1,85$ м и $l_2 = 6,75$ м на рельс для определения изгибающего момента при средней величине расчетной нагрузки $P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 158731$ Н, величине среднего квадратического отклонение расчетной нагрузки $S_{\text{расч}} = 9687$ Н и коэффициента относительной жесткости подрельсового основания и рельса $k = 1,421$ м⁻¹.

Решение задачи

Определим вначале $P_{\text{расч}}$ по формуле

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{расч}}^{\text{ср}} + \lambda_{\phi} S_{\text{расч}}; \quad (1)$$

$$P_{\text{расч}} = 158731 + 2,5 \cdot 9687 = 182946 \text{ Н.}$$

Максимальная эквивалентная нагрузка для расчета изгибных напряжений в рельсах определяется по формуле

$$P_{\text{эkv}}^I = P_{\text{расч}} + \sum \mu(kx_i) P_i^{\text{ср}}, \quad (4)$$

где $\mu(kx_i)$ — ординаты линии влияния изгибающих моментов рельса в сечениях пути x_i , расположенных под колесными нагрузками тележки $P_i^{\text{ср}}$ на расстоянии x_i от, смежных с расчетной осью

$$\mu(kx_i) = e^{-kx_i} (\cos(kx_i) - \sin(kx_i)). \quad (3)$$

Расчет ведется для системы, состоящей из трех колесных нагрузок.

Для этого случая координаты средних нагрузок равны $x_1 = l_1$, $x_2 = l_1 + l_2$. (2)

Причем для двухосной тележки l_2 — это расстояние между крайней осью первой тележки и первой осью следующей по ходу поезда тележки.

Значения расстояний l_1 и l_2 для четырехосного грузового вагона

$$x_1 = l_1 = 1,85 \text{ м}; x_2 = l_1 + l_2 = 1,85 + 6,75 = 8,6 \text{ м}.$$

Ординаты линии влияния изгибающих моментов рельса

$$\mu(kx_1) = \mu(1,421 \cdot 1,85) = e^{-1,421 \cdot 1,85} (\cos(1,421 \cdot 1,85) - \sin(1,421 \cdot 1,85)) = -0,098282;$$

$$\mu(kx_2) = \mu(1,421 \cdot 8,6) = e^{-1,421 \cdot 8,6} (\cos(1,421 \cdot 8,6) - \sin(1,421 \cdot 8,6)) = 0,0000063.$$

Максимальная эквивалентная нагрузка для расчетов напряжений в рельсах от изгиба определяется по формуле

$$P_{\text{ЭКВ}}^I = 182946 - 0,098282 \cdot 158731 + 0,0000063 \cdot 158731 = 167346 \text{ Н}.$$

Решить данную задачу при следующих исходных данных:

$$P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 120\,000 \text{ Н};$$

$$S_{\text{расч}} = 8\,500 \text{ Н};$$

$$l_1 = 1,85 \text{ м}; l_2 = 6,75 \text{ м};$$

$$k = 1,421 \text{ м}^{-1}.$$

$$\begin{aligned} 1. \quad P_{\text{расч}} &= P_{\text{расч}}^{\text{ср}} + 2,5 \cdot S_{\text{расч}} = 120\,000 + 2,5 \cdot 8\,500 = \\ &= 141\,250 \text{ Н}. \end{aligned}$$

$$2. \quad x_1 = l_1 = 1,85 \text{ м}; x_2 = l_1 + l_2 = 1,85 + 6,75 = 8,6 \text{ м}.$$

$$3. \mu(kx_i) = e^{-kx_i} (\cos(kx_i) - \sin(kx_i)).$$

$$\mu(kx_1)$$

степень, не забывать про знак «-»

$$1) kx_1 = 1,421 \cdot 1,85 = 2,62885; \quad \text{»}$$

$$2) e^{-2,62885} = 2,718282 \quad \text{нажать знак степени} \quad -2,62885 \\ = 0,072161;$$

3) ВКЛЮЧИТЬ ВЫЧИСЛЕНИЕ В РАДИАНАХ!
(проверка $\cos(3,14) \approx -1$)

$$4) \cos(1,421 \cdot 1,85) = \cos(2,62885) = -0,871402;$$

$$5) \sin(1,421 \cdot 1,85) = \sin(2,62885) = 0,490569;$$

$$6) \mu(kx_1) = \mu(1,421 \cdot 1,85) = 0,072161 \cdot (-0,871402 - 0,490569) \\ = -0,098281.$$

$\mu(kx_2)$

1) $kx_2 = 1,421 \cdot 8,6 = 12,2206$;

2) $e^{-12,2206} = 2,718282$ нажать знак степени $-12,2206 = 0,0000049$;

3) ВКЛЮЧИТЬ ВЫЧИСЛЕНИЕ В РАДИАНАХ!
(проверка $\cos(3,14) \approx -1$)

4) $\cos(1,421 \cdot 8,6) = \cos(12,2206) = 0,940815$;

5) $\sin(1,421 \cdot 8,6) = \sin(12,2206) = -0,338922$; смена знака «-» на «+»

6) $\mu(kx_1) = \mu(1,421 \cdot 1,85) = 0,0000049 \cdot (0,940815 + 0,338922) = 0,0000063$.

$$\begin{aligned} P_{\text{экв}}^1 &= P_{\text{расч}} + (\mu(kx_1) + \mu(kx_2)) \cdot P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = \\ &= 141250 + (-0,098281 + 0,0000063) \cdot 120000 = \\ &= 129457 \text{ H.} \end{aligned}$$

3.9 Определить эквивалентную нагрузку $P_{\text{экв}}^{\text{II}}$ колес двухосной тележки с расстояниями между осями $l_1 = 1,85$ м и $l_2 = 6,75$ м на рельс для определения прогиба рельса и нагрузки рельса на шпалу при средней величине расчетной нагрузки $P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 158731$ Н, величине среднего квадратического отклонение расчетной нагрузки $S_{\text{расч}} = 9687$ Н и коэффициента относительной жесткости подрельсового основания и рельса $k = 1,421$ м⁻¹.

Решение задачи

Максимальная величина эквивалентной нагрузки определяется по формуле

$$P_{\text{экв}}^{\text{II}} = P_{\text{расч}} + \sum \eta(kx_i) P_i^{\text{ср}}, \quad 4)$$

где $\eta(kx_i)$ – ординаты линии влияния давлений рельса на шпалы в сечениях пути x_i , расположенных под колесными нагрузками $P_i^{\text{ср}}$ на расстоянии x_i от осей тележки, смежных с расчетной осью

$$\eta(kx_i) = e^{-kx_i} (\cos(kx_i) + \sin(kx_i)). \quad 3)$$

знак «+»

В этом случае при расчете $P_{\text{экв}}^{\text{II}}$ координаты средних нагрузок $P_i^{\text{ср}}$ равны $x_1 = l_1, x_2 = l_2$. 2)

Определим вначале $P_{\text{расч}}$ по формуле

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{расч}}^{\text{ср}} + \lambda_{\text{ф}} S_{\text{расч}}; \quad 1)$$

$$P_{\text{расч}} = 158731 + 2,5 \cdot 9687 = 182946 \text{ Н.}$$

Ординаты линии влияния давления рельса на шпалу определяются следующим образом

$$\eta(kx_1) = \eta(1,421 \cdot 1,85) = e^{-1,421 \cdot 1,85} (\cos(1,421 \cdot 1,85) + \sin(1,421 \cdot 1,85)) = -0,027481;$$

$$\eta(kx_1) = \eta(1,421 \cdot 6,75) = e^{-1,421 \cdot 6,75} (\cos(1,421 \cdot 6,75) + \sin(1,421 \cdot 6,75)) = -0,000079$$

Максимальная величина эквивалентной нагрузки для определения давления рельса на шпалу:

$$P_{\text{ЭКВ}}^{\text{II}} = 182946 - 0,027481 \cdot 158731 - 0,000079 \cdot 158731 = 178577 \text{ Н.}$$

Решить данную задачу при следующих исходных данных:

$$P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 120\,000 \text{ Н};$$

$$S_{\text{расч}} = 8\,500 \text{ Н};$$

$$l_1 = 1,85 \text{ м}; l_2 = 6,75 \text{ м};$$

$$k = 1,456 \text{ м}^{-1}.$$

$$P_{\text{ЭКВ}}^2 = 137\,442 \text{ Н}.$$

3.10 Определить напряжения изгиба в подошве рельса: осевые $\sigma_{\text{по}}$ и кромочные $\sigma_{\text{пк}}$ при воздействии эквивалентной нагрузки $P_{\text{эkv}}^I = 167356$ Н, коэффициенте относительной жесткости подрельсового основания и рельса $k = 1,4214 \text{ м}^{-1}$, моменте сопротивления поперечного сечения рельса относительно подошвы $W_{\text{п}} = 417 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, коэффициенте учета внецентренного приложения вертикальных и горизонтальных поперечных сил $f = 1,33$.

Решение задачи

Нормальные изгибные напряжения в подошве рельса находятся по общеизвестной формуле

$$\sigma_{\text{по}} = \frac{M}{W_{\text{п}}},$$

где M – изгибающий момент;

$W_{\text{п}}$ – момент сопротивления относительно наиболее удаленного волокна.

Напряжения в кромке подошвы рельса $\sigma_{\text{пк}}$ определяется по формуле

$$\sigma_{\text{пк}} = f \sigma_{\text{по}}.$$

Здесь:

f – коэффициент, переводящий осевые напряжения в подошве в кромочные напряжения; он учитывает влияние горизонтальных поперечных сил H и внецентренное приложение вертикальных сил P .

Изгибающий момент в рельсе от воздействия эквивалентной нагрузки

$P_{\text{ЭКВ}}^I$

$$M = \frac{P_{\text{ЭКВ}}^I}{4k} = \frac{167356}{4 \cdot 1,4214} = 29443 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad 1)$$

Осевые изгибные напряжения в подошве рельса

$$\sigma_{\text{по}} = \frac{M}{W_{\text{п}}}, \quad \sigma_{\text{по}} = \frac{29443 \cdot 10^{-6}}{417 \cdot 10^{-6}} = 70,6 \text{ МПа.} \quad 2)$$

Изгибные напряжения в кромке подошвы рельса

$$\sigma_{\text{пк}} = f \sigma_{\text{по}}, \quad \sigma_{\text{пк}} = 1,33 \cdot 70,6 = 93,9 \text{ МПа.} \quad 3)$$

Решить данную задачу при следующих исходных данных:

$$P_{\text{ЭКВ}}^1 = 120\,000 \text{ Н};$$

$$k = 1,4214 \text{ М}^{-1};$$

$$W_{\text{П}} = 417 \cdot 10^{-6} \text{ М}^3;$$

$$f = 1,52.$$

$$\sigma_{\text{ПО}} = 54,6 \text{ МПа}, \quad \sigma_{\text{ПК}} = 83,0 \text{ МПа}.$$

3.11 Определить напряжения изгиба в подошве рельса: осевые $\sigma_{\text{по}}$ и кромочные $\sigma_{\text{пк}}$ от воздействия колес двухосной тележки с расстоянием между осями $l = 1,85$ м, если величина расчетной нагрузки $P_{\text{расч}} = 182946$ Н, средняя величина расчетной нагрузки $P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 158731$ Н, коэффициенте относительной жесткости подрельсового основания и рельса $k = 1,4214 \text{ м}^{-1}$, момент сопротивления поперечного сечения рельса относительно подошвы $W_{\text{п}} = 417 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, коэффициент учета внецентренного приложения вертикальных и горизонтальных поперечных сил $f = 1,33$.

Решение задачи

Нормальные изгибные напряжения в подошве рельса находятся по общеизвестной формуле

$$\sigma_{\text{по}} = \frac{M}{W_{\text{п}}}, \quad 5)$$

где M – изгибающий момент;

$W_{\text{п}}$ – момент сопротивления относительно наиболее удаленного волокна.

Напряжения в кромке подошвы рельса $\sigma_{\text{пк}}$ определяется по формуле

$$\sigma_{\text{пк}} = f \sigma_{\text{по}}. \quad 6)$$

Здесь:

f – коэффициент, переводящий осевые напряжения в подошве в кромочные напряжения; он учитывает влияние горизонтальных поперечных сил H и внецентренное приложение вертикальных сил P .

Изгибающий момент в рельсе от воздействия эквивалентной нагрузки $P_{\text{ЭКВ}}^I$ определяется по формуле

$$M = \frac{P_{\text{ЭКВ}}^I}{4k}. \quad 4)$$

Максимальная эквивалентная нагрузка для расчета изгибных напряжений в рельсах определяется по формуле

$$P_{\text{ЭКВ}}^I = P_{\text{расч}} + \sum \mu(kx_i)P_i^{\text{ср}}, \quad 3)$$

где $\mu(kx_i)$ – ординаты линии влияния изгибающих моментов рельса в сечениях пути x_i , расположенных под колесными нагрузками тележки $P_i^{\text{ср}}$ на расстоянии x_i от, смежных с расчетной осью

$$\mu(kx_i) = e^{-kx_i} (\cos(kx_i) - \sin(kx_i)). \quad 2)$$

Для заданных условий координаты средних нагрузок равны $x_1 = l_1$, $x_2 = l_1 + l_2$. Причем для двухосной тележки l_2 – это расстояние между крайней осью первой тележки и первой осью следующей по ходу поезда тележки.

Значения расстояний l_1 и l_2 для четырехосного грузового вагона

$$x_1 = l_1 = 1,85 \text{ м}; x_2 = l_1 + l_2 = 1,85 + 6,75 = 8,6 \text{ м}. \quad 1)$$

Ординаты линии влияния изгибающих моментов рельса

$$\mu(kx_1) = \mu(1,421 \cdot 1,85) = e^{-1,421 \cdot 1,85} (\cos(1,421 \cdot 1,85) - \sin(1,421 \cdot 1,85)) = -0,098282$$

2)
$$\mu(kx_2) = \mu(1,421 \cdot 8,6) = e^{-1,421 \cdot 8,6} (\cos(1,421 \cdot 8,6) - \sin(1,421 \cdot 8,6)) = 0,000063$$

Максимальная эквивалентная нагрузка для расчетов напряжений в рельсах от изгиба определяется

3)
$$P_{\text{ЭКВ}}^I = 182946 - 0,098282 \cdot 158731 + 0,000063 \cdot 158731 = 167356 \text{ Н.}$$

Изгибающий момент в рельсе от воздействия эквивалентной нагрузки

$P_{\text{ЭКВ}}^I$

4)
$$M = \frac{P_{\text{ЭКВ}}^I}{4k} = \frac{167356}{4 \cdot 1,4214} = 29443 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Осевые изгибные напряжения в подошве рельса

5)
$$\sigma_{\text{ПО}} = \frac{29443 \cdot 10^{-6}}{417 \cdot 10^{-6}} = 70,6 \text{ МПа.}$$

Изгибные напряжения в кромке подошвы рельса

6)
$$\sigma_{\text{ПК}} = 1,33 \cdot 70,6 = 93,9 \text{ МПа.}$$

Решить данную задачу при следующих исходных данных:

$$P_{\text{расч}} = 150000 \text{ Н};$$

$$P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 120\,000 \text{ Н};$$

$$k = 1,4214 \text{ м}^{-1};$$

$$l_1 = 1,85 \text{ м};$$

$$l_2 = 6,75 \text{ м};$$

$$W_{\text{п}} = 417 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$f = 1,52.$$

$$\sigma_{\text{по}} = 58,3 \text{ МПа}, \quad \sigma_{\text{пк}} = 88,6 \text{ МПа}.$$

3.12 Определить напряжения сжатия в резиновых прокладках на шпалах $\sigma_{ш}$ и в балластном слое под шпалой σ_b от воздействия колес двухосной тележки с расстоянием между осями $l = 1,85$ м, если средняя величина расчетной нагрузки $P_{расч}^{ср} = 158731$ Н, среднее квадратическое отклонение расчетной нагрузки $S_{расч} = 9687$ Н, расстояние между осями шпал $l_{ш} = 0,5$ м, коэффициент относительной жесткости подрельсового основания и рельса $k = 1,4214$ м⁻¹, площадь прокладки $\omega = 210 \cdot 10^{-4}$ м² и опорная площадь полушпалы $\Omega_{\alpha} = 2975 \cdot 10^{-4}$ м².

Решение задачи

В начале определим расчетную нагрузку от колеса на рельс

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{расч}}^{\text{ср}} + \lambda_{\text{ф}} S_{\text{расч}}. \quad \mathbf{1)}$$

Для заданных условий

$$P_{\text{расч}} = 158731 + 2,5 \cdot 9687 = 182946 \text{ Н}.$$

Напряжения смятия в деревянных шпалах под подкладками и в прокладках при железобетонных шпалах определяются по формуле

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{Q}{\omega}, \quad \mathbf{5)}$$

где Q – давление колеса на рельс;

ω – площадь передачи давления на шпалу через подкладку или прокладку (при бесподкладочном скреплении типа ЖБР).

Напряжения в балластном слое под шпалой в подрельсовом сечении определяется по формуле

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{Q}{0,5\alpha ab} = \frac{Q}{\Omega_{\alpha}}, \quad \mathbf{6)}$$

где $0,5ab$ – площадь полушпалы (a и b – длина и ширина шпалы);

α – коэффициент изгиба шпалы;

Ω_{α} – эффективная площадь полушпалы с учетом изгиба.

Давление колеса на рельс определяется по формуле

$$Q = \frac{P_{\text{ЭКВ}}^{II} kl_{\text{Ш}}}{2}. \quad 4)$$

Максимальная величина эквивалентной нагрузки определяется по формуле

$$P_{\text{ЭКВ}}^{II} = P_{\text{расч}} + \sum \eta(kx_i) P_i^{\text{ср}}, \quad 3)$$

где $\eta(kx_i)$ – ординаты линии влияния давлений рельса на шпалы в сечениях пути x_i , расположенных под колесными нагрузками $P_i^{\text{ср}}$ на расстоянии x_i от осей тележки, смежных с расчетной осью

$$\eta(kx_i) = e^{-kx_i} (\cos(kx_i) + \sin(kx_i)). \quad 2)$$

При расчете $P_{\text{ЭКВ}}^{II}$ координаты средних нагрузок $P_i^{\text{ср}}$ равны $x_1 = l_1$, $x_2 = l_2$.

Подставив численные значения в приведенные здесь формулы, определим напряжения в элементах верхнего строения пути.

$$\eta(kx_1) = \eta(1,421 \cdot 1,85) = e^{-1,421 \cdot 1,85} (\cos(1,421 \cdot 1,85) + \sin(1,421 \cdot 1,85)) = -0,027481$$

$$\eta(kx_1) = \eta(1,421 \cdot 6,75) = e^{-1,421 \cdot 6,75} (\cos(1,421 \cdot 6,75) + \sin(1,421 \cdot 6,75)) = -0,000079$$

$$P_{\text{ЭКВ}}^{II} = 182946 - 0,027481 \cdot 158731 - 0,000079 \cdot 158731 = 178571 \text{ Н.}$$

$$Q = \frac{178571 \cdot 1,4214 \cdot 0,50}{2} = 63437 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{63437 \cdot 10^{-6}}{210 \cdot 10^{-4}} = 3,02 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{63437 \cdot 10^{-6}}{2975 \cdot 10^{-4}} = 0,213 \text{ МПа.}$$

Решить данную задачу при следующих исходных данных:

$$S_{\text{расч}} = 8500 \text{ Н};$$

$$P_{\text{расч}}^{\text{ср}} = 120\,000 \text{ Н};$$

$$k = 1,4214 \text{ м}^{-1};$$

$$l_1 = 1,85 \text{ м};$$

$$l_2 = 6,75 \text{ м};$$

$$l_{\text{ш}} = 0,5 \text{ м};$$

$$\omega = 210 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$\Omega = 2975 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

$$\sigma_{\text{ш}} = 2,33 \text{ МПа}, \quad \sigma_{\sigma} = 0,165 \text{ МПа}.$$

3.13 Определить напряжения сжатия в резиновых прокладках на шпалах $\sigma_{ш}$ и в балластном слое под шпалой $\sigma_б$ от воздействия колес двухосной тележки с расстоянием между осями $l = 1,85$ м, если величина эквивалентной нагрузки $P_{экв}^{II} = 178571$ Н, коэффициенте относительной жесткости подрельсового основания и рельса $k = 1,421$ м⁻¹, расстояние между осями шпал $l_{ш} = 0,5$ м, площадь прокладки $\omega = 210 \cdot 10^{-4}$ м² и опорная площадь полушпалы $\Omega_{\alpha} = 2975 \cdot 10^{-4}$ м².

Решение задачи

Напряжения смятия в деревянных шпалах под подкладками и в прокладках при железобетонных шпалах определяются по формуле

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{Q}{\omega}, \quad 2)$$

где Q – давление колеса на рельс;

ω – площадь передачи давления на шпалу через подкладку или прокладку (при бесподкладочном скреплении типа ЖБР).

Напряжения в балластном слое под шпалой в подрельсовом сечении определяется по формуле

$$\sigma_{\text{б}} = \frac{Q}{0,5\alpha ab} = \frac{Q}{\Omega_{\alpha}}, \quad 3)$$

где $0,5ab$ – площадь полушпалы (a и b – длина и ширина шпалы);

α – коэффициент изгиба шпалы;

Ω_{α} – эффективная площадь полушпалы с учетом изгиба.

Давление колеса на рельс определяется по формуле

$$Q = \frac{P_{\text{ЭКВ}}^{II} kl_{\text{III}}}{2}. \quad \mathbf{1)}$$

Подставив численные значения в приведенные здесь формулы, определим напряжения в элементах верхнего строения пути.

$$Q = \frac{178571 \cdot 1,4214 \cdot 0,50}{2} = 63437 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{III}} = \frac{63437 \cdot 10^{-6}}{210 \cdot 10^{-4}} = 3,02 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_6 = \frac{63437 \cdot 10^{-6}}{2975 \cdot 10^{-4}} = 0,213 \text{ МПа.}$$

3.14 Поезд движется по спуску крутизной $i = 5 \text{ ‰}$ и по кривой $R = 500 \text{ м}$, основное сопротивление движению вагонов $\omega''_0 = 1,7 \text{ Н/кН}$. Определить суммарное сопротивление движению вагонов.

Решение задачи

Суммарное удельное сопротивление движению вагонов в поезде определяется по формуле

$$\omega''_{\kappa} = \omega''_0 + \omega''_i + \omega''_r.$$

Здесь $\omega''_0 = 1,7 \text{ Н/кН}$, $\omega''_i = 5 \text{ Н/кН}$, $\omega''_r = 700/500 = 1,4 \text{ Н/кН}$.

Суммарное удельное сопротивление

$$\omega''_{\kappa} = 1,7 - 5 + 1,4 = -1,9 \text{ Н/кН}.$$

3.15 Определить поперечную составляющую продольной силы в поезде, действующую наружу кривой $R = 600$ м, если величина продольной силы в автосцепке $N = 600$ кН.

Решение задачи

Поперечная составляющая продольной силы в поезде ΔH определяется по формуле

$$\Delta H = \frac{3600N}{3600 - N} \cdot \left[0,028 + \frac{6,96}{R} \right] = \frac{3600 \cdot 600}{3600 - 600} \cdot \left[0,028 + \frac{6,96}{600} \right] = 28,5 \text{ кН.}$$

3.16 Определить устойчивость колеса на рельсе в кривой при величине нагрузок от колес на рельсы $P = 110$ кН, величине рамной силы $Y_p = 80$ кН и величине непогашенного поперечного ускорения $\alpha_n = 0,3$ м/с².

Решение задачи

Коэффициент запаса устойчивости колеса на рельсе определяется по формуле

$$\eta = \frac{P_n + P_e}{0,44Y_p + 0,4P_n + 0,85P_e}.$$

Нагрузки на наружный и внутренний рельсы кривой определяются по формулам

$$P_n = Q(0,25 + 0,127 \cdot \alpha_n);$$

$$P_b = Q(0,25 - 0,127 \cdot \alpha_n),$$

где Q – вес вагона, приходящийся на одну ходовую тележку $Q = 4P = 4 \cdot 110 = 440$ кН.

Тогда

$$P_H = 440(0,25 + 0,127 \cdot 0,3) = 126,76 \text{ кН};$$

$$P_B = 440(0,25 - 0,127 \cdot 0,3) = 93,24 \text{ кН}.$$

Проверка $(126,76 + 93,24) / 2 = 110$ кН.

Подставив полученные значения в первую формулу, получим

$$\eta = \frac{126,76 + 93,24}{0,44 \cdot 80 + 0,4 \cdot 126,76 + 0,85 \cdot 93,24} = \frac{220}{165,15} = 1,33 > 1,0.$$

В заданных условиях колесо устойчиво на рельсе.