

СМЕЩЕНИЕ ТРУБ, РАЗМЕЩЕННЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПЛАТФОРМЕ, В ПРОЦЕССЕ СОУДАРЕНИЯ ВАГОНОВ

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

При перевозке стальных труб большого диаметра, как с полимерным покрытием, так и без него на железнодорожной платформе техническими условиями погрузки и крепления грузов предусматривается крепление труб с помощью деревянных брусков и проволочных обвязок [1]. Применение многооборотных реквизитов содержащих стальные канаты с захватами и натяжными устройствами для крепления труб на платформе позволит исключить дополнительные крепления и снизить трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ. Целью настоящей работы является исследование влияния различных способов закрепления канатов на величину продольных перемещений труб в процессе соударения вагонов при выполнении маневровых работ.

В принятой схеме четыре трубы диаметром 1420 мм размещены на железнодорожной платформе в два яруса, а реквизиты крепления содержат стальные канаты с натяжными устройствами (рис. 1). Нижний ярус труб уложен на опоры, закрепленные на раме платформы. Между нижним и верхним ярусами труб установлены промежуточные опоры, которые посредством канатов прикреплены к раме платформы. Весь комплект труб посредством канатов поперечной обвязки прикреплен к раме платформы. От продольного смещения (в направлении движения платформы) трубы обоих ярусов удерживаются канатами, охватывающими блоки натяжных устройств, закрепленные на торцах рамы платформы.

В рассматриваемой математической модели процесса соударения платформы, загруженной двумя ярусами труб, с группой из трех неподвижных полногрузных вагонов все тела считаются абсолютно твердыми, а элементы продольных и поперечных обвязок, а также междувагонных связей обладают упругими свойствами и имеют линейные характеристики. Равнодействующие сил сухого трения труб по опорам считаем приложенными в продольных диаметральных сечениях труб. Изменением углов наклона канатов продольного крепления труб, в процессе соударения вагонов, пренебрегаем. Движение механической системы рассматривается в продольной вертикальной плоскости на прямом горизонтальном участке пути от положения, которое она занимала в момент накатывания на группу из трех неподвижных вагонов. Продольные линейные перемещения поперечной обвязки, двух труб верхнего яруса, промежуточных опор, двух труб нижнего яруса, платформы и трех вагонов обозначим через $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ соответственно. Угловые перемещения блоков натяжных

устройств обозначим через φ . Таким образом, рассматриваемая система будет иметь девять независимых координат.

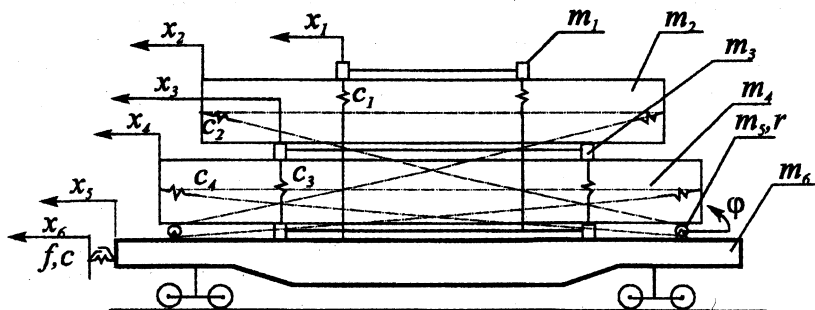


Рис. 1. Расчетная схема платформы с трубами

С учетом принятых допущений и использованием принципа Даламбера [2] составлены дифференциальные уравнения движения масс механической системы:

$$\left. \begin{aligned}
 m_1 \ddot{x}_1 + T_1 \sin \alpha_1 - F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) &= 0; \\
 m_2 \ddot{x}_2 + T_2 \cos \alpha_2 + F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) &= 0; \\
 m_3 \ddot{x}_3 + T_3 \sin \alpha_3 - F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) - F_3 \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_3) &= 0; \\
 m_4 \ddot{x}_4 + T_4 \cos \alpha_4 + F_3 \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_3) + F_4 \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_6) &= 0; \\
 \frac{1}{2} m_5 r^2 \ddot{\varphi} - (T_2 - T_4) r + M_c \operatorname{sgn} \dot{\varphi} &= 0; \\
 m_6 \ddot{x}_6 - T_1 \sin \alpha_1 - T_2 \cos \alpha_2 - T_3 \sin \alpha_3 - T_4 \cos \alpha_4 - \\
 - F_4 \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_6) + R_1 &= 0; \\
 m_7 \ddot{x}_7 - R_1 + R_2 &= 0; \\
 m_8 \ddot{x}_8 - R_2 + R_3 &= 0; \\
 m_9 \ddot{x}_9 - R_3 + R_4 &= 0.
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Входящие в уравнения системы (1) силы упругости элементов крепления труб, значения функций углов и силы сухого трения определяются следующими выражениями:

$$T_1 = c_1 (\sqrt{(l_{01} + \lambda_1)^2 + (x_1 - x_6)^2} - l_{01});$$

$$T_2 = c_2 (\sqrt{(l_{02} + \lambda_2)^2 - l_1^2 + (l_1 + (x_2 - x_6 - r\varphi))^2} - l_{02});$$

$$T_3 = c_3(\sqrt{(l_{03} + \lambda_3)^2 + (x_3 - x_6)^2} - l_{03});$$

$$T_4 = c_4(\sqrt{(l_{04} + \lambda_4)^2 - l_2^2 + (l_2 + x_4 - x_6 + r\varphi)^2} - l_{04});$$

$$F_1 = f_1(m_1 g + T_1 \cos \alpha_1); \quad F_2 = f_2((m_1 + m_2)g + T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \sin \alpha_2);$$

$$F_3 = f_3((m_1 + m_2 + m_3)g + T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \sin \alpha_2 + T_3 \cos \alpha_3);$$

$$F_4 = f_4((m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g + T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \sin \alpha_2 + T_3 \cos \alpha_3 + T_4 \sin \alpha_4).$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{x_1 - x_6}{\sqrt{(l_{01} + \lambda_1)^2 + (x_1 - x_6)^2}}; \quad \cos \alpha_1 = \frac{l_{01} + \lambda_1}{\sqrt{(l_{01} + \lambda_1)^2 + (x_1 - x_6)^2}};$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{x_3 - x_6}{\sqrt{(l_{03} + \lambda_3)^2 + (x_3 - x_6)^2}}; \quad \cos \alpha_3 = \frac{l_{03} + \lambda_3}{\sqrt{(l_{03} + \lambda_3)^2 + (x_3 - x_6)^2}};$$

Силы в междувагонных связях с пружинно-фрикционными поглощающими аппаратами при перемещениях вагонов не превышающих ход поглощающих аппаратов представлены в виде [3]:

$$R_1 = c(x_6 - x_7)[1 + \mu \operatorname{sgn}(\dot{x}_6 - \dot{x}_7)]; \quad R_2 = c(x_7 - x_8)[1 + \mu \operatorname{sgn}(\dot{x}_7 - \dot{x}_8)];$$

$$R_3 = c(x_8 - x_9)[1 + \mu \operatorname{sgn}(\dot{x}_8 - \dot{x}_9)]; \quad R_4 = c x_9(1 + \mu \operatorname{sgn} \dot{x}_9).$$

В представленных выражениях приняты следующие обозначения:

m_1, \dots, m_9 — соответственно массы поперечной обвязки, двух труб верхнего яруса, промежуточных опор, двух труб нижнего яруса, блока натяжного устройства, платформы и трех вагонов;

T_1, T_2, T_3, T_4 — соответственно силы упругости элементов поперечной обвязки, продольного крепления труб верхнего яруса, крепления промежуточных опор и продольного крепления труб нижнего яруса;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ — соответственно углы отклонения элементов поперечной обвязки от вертикали, наклона элементов продольного крепления труб верхнего яруса к горизонту, отклонения элементов крепления промежуточных опор от вертикали и наклона элементов продольного крепления труб нижнего яруса к горизонту;

F_1, \dots, F_4 — соответственно силы сухого трения между элементами поперечной обвязки и трубами верхнего яруса, трубами верхнего яруса и промежуточными опорами, трубами нижнего яруса и промежуточными опорами, а также опорами платформы;

R_1, \dots, R_4 — силы в междувагонных связях;

M_c — момент сил сопротивления на блоке натяжного устройства;

c, c_1, \dots, c_4 — жесткости упругих элементов междувагонных связей и крепления труб;

l_{01}, \dots, l_{04} — длины элементов крепления в свободном (недеформированном) состоянии;

$\lambda_1, \dots, \lambda_4$ — величины предварительного натяжения упругих элементов крепления труб;

l_1, l_2 — расстояния между противоположными торцами труб и платформы, отсчитываемые вдоль пола платформы;

μ, f_1, \dots, f_4 — коэффициенты трения в элементах междувагонных связей и крепления труб;

g — ускорение свободного падения;

$\text{sgn } \dot{x}_i$ — знак «+» или «-» ($i=1, \dots, 8$).

Численное интегрирование уравнений системы (1) проводилось для диапазона скоростей соударения вагонов 0,5...3 м/с при следующих исходных данных: $m_1 = 10$ кг; $m_2 = m_4 = 13600$ кг; $m_3 = 100$ кг; $m_5 = 10$ кг; $m_6 = 21000$ кг; $m_7 = m_8 = m_9 = 84000$ кг; $l_{01} = 2,8$ м; $l_{02} = 12,7$ м; $l_{03} = 1,4$ м; $l_{04} = 12,6$ м; $l_1 = l_2 = 12,6$ м; $c = 9 \cdot 10^6$ Н/м; $c_2 = c_4 = 0,5 \cdot 10^6$ Н/м; $c_1 = c_3 = 1 \cdot 10^6$ Н/м; $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = 0,4$; $\mu = 0,25$; $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = 0$; $\alpha_2 = 7,2^\circ$; $\alpha_4 = 0^\circ$.

Результаты расчетов для скорости соударения вагонов 2 м/с представлены в виде графиков перемещений труб относительно платформы (рис. 2).

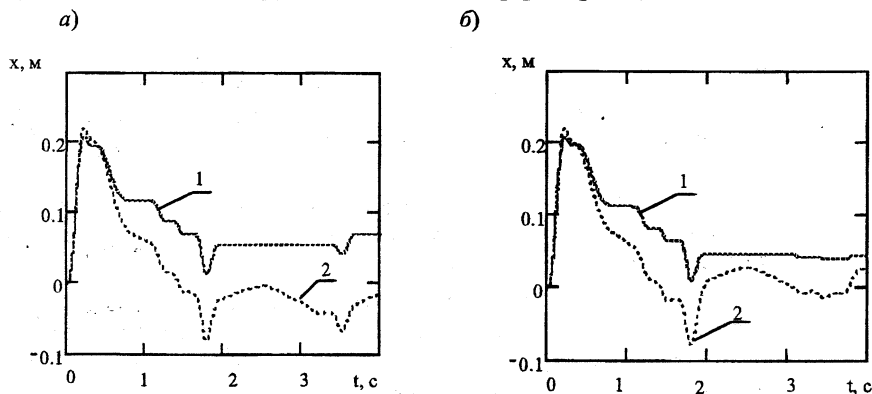


Рис. 2. Продольные перемещения труб нижнего (1) и верхнего (2) ярусов относительно платформы: а) при $M_c = 0$; б) при $M_c = \infty$.

На представленных графиках (см. рисунок 2) наибольшие продольные перемещения труб обоих ярусов относительно платформы одинаковы, различие наблюдается лишь в остаточных перемещениях, что вполне согласуется с результатами натурных испытаний.

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что при повторных соударениях вагонов будет наблюдаться увеличение остаточных перемещений труб в случае малого сопротивления на блоке натяжного устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические условия погрузки и крепления грузов. М.: Транспорт 1990. — 408 с.
2. Соколов М.М., Хусидов В.Д., Минкин Ю.Г. Динамическая нагруженность вагона. М.: Транспорт 1981. — 207 с.
3. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Челноков И.И. Динамика вагонов. М.: Транспорт 1978. — 352 с.

УДК 621.357.7

Т.В. Гаевская, Л.С. Цыбульская

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И МИКРОСТРУКТУРА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ КОБАЛЬТ-БОР

*НИИ физико-химических проблем Белгосуниверситета
Минск, Беларусь*

Интерес к аморфным сплавам металлов подгруппы железа с неметаллами значительно возрос в последнее время в связи с возможностью формирования на их основе нанокристаллических структур, высокотвердых коррозионно-стойких материалов и катализаторов [1]. В основном для их получения используют высокотемпературные методы, такие как закалка расплава [2], вакуумное осаждение [3], компактирование [4], термическое борирование поверхности. Известно, что аморфные сплавы на основе металлов подгруппы железа [5, 6] могут быть получены методами низкотемпературного химического и электрохимического осаждения из водных растворов.

В данной работе рассмотрены особенности электроосаждения сплавов кобальт-бор, выявления факторов, определяющих содержание бора, исследования их фазового состава и структуры в зависимости от содержания неметаллического компонента и условий термообработки.

Бор является известным элементом аморфизатором, поскольку он эффективно измельчает структуру основного металла и довольно легко включается в его кристаллическую решетку. Такое влияние бора на структуру осаждаемых сплавов, в част-