

Писарцов А.С.

УДАР ТЕЛЕЖКИ ИЛИ КРАНА ПРИ НАЕЗДЕ НА БУФЕР

В отличии от случаев соударения обычных систем при ударе тележки или крана при наезде на буфер необходимо учитывать колебание подвешенного на полиспасте груза (Рис.1). При наезде тележки на буферы уравнение движения можно записать в таком виде:

$$m_T \frac{d^2 s_1}{dt^2} + CS_1 = (S_2 - S_1) \frac{mg}{l}$$

$$m_T \frac{d^2 s_1}{dt^2} + CS_1 + (S_2 - S_1) \frac{mg}{l} = 0$$

Приведем систему к одному уравнению

$$\frac{d^4 S_1}{dt^4} + \left[\frac{g}{l} \left(1 + \frac{m}{m_T} \right) + \frac{c}{m_T} \right] \frac{d^2 S_1}{dt^2} + \frac{cg}{lm_T} S_1 = 0$$

где m_T – масса тележки; m – масса груза; l – длина подвеса груза; S_1, S_2 – координаты соответственно тележки и груза; c – жесткость буферов.

Общее решение уравнения

$$S_1 = A \sin p_1 t + B \cos p_1 t + c \sin p_2 t + D \cos p_2 t$$

где $p_{1,2}$ – частоты собственных колебаний системы

$$p_{1,2} = \sqrt{\frac{g}{2l} \left(1 + \frac{m}{m_T} \right) + \frac{c}{2m_T}} \pm \sqrt{\left[\frac{g}{2l} \left(1 + \frac{m}{m_T} \right) + \frac{c}{2m_T} \right]^2 - \frac{cg}{lm_T}}$$

С учетом начальных условиях $t = 0; S_1 = 0, ds_1/dt = U$ – скорость передвижения тележки (крана), перемещение тележки составит

$$S_1 = \frac{cU}{m_T (p_1^2 - p_2^2)} \left(\frac{1}{p_1} \sin p_1 t - \frac{1}{p_2} \sin p_2 t \right) - \frac{U}{p_1^2 - p_2^2} \left(\frac{p_2^2}{p_1} \sin p_1 t - \frac{p_1^2}{p_2} \sin p_2 t \right)$$

Перемещение носит колебательный характер с двумя частотами – p_1 и p_2 . Максимальная деформация буферов и усилия в них будут при $p_1 t = \pi/2$.

Тогда $\sin p_1 t = 1; \sin p_2 t = p_2 \frac{\pi}{2 p_1}$. Имея ввиду, что $F = cS_1$, получим

максимальные динамические усилия в буферах при ударе тележки:

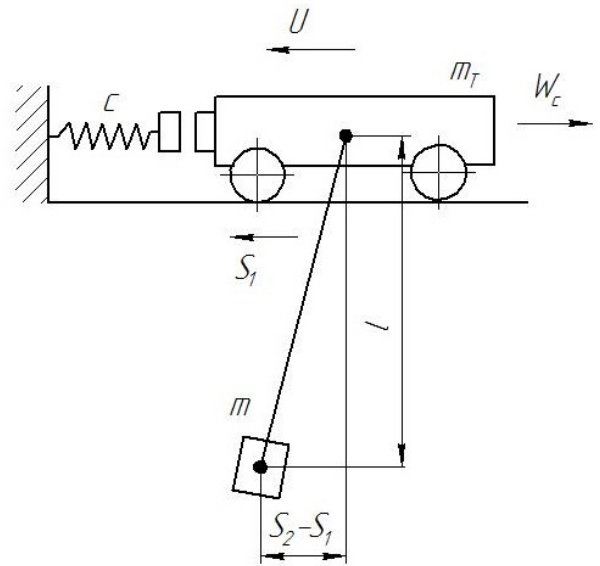


Рис.1

$$F_{\max} = \frac{Uc}{(p_1^2 - p_2^2)p_1p_2} \left[\left(p_1^3 \sin \frac{p_2\pi}{2p_1} - p_2^3 \right) - \frac{c}{m_T} \left(p_1 \sin \frac{p_2\pi}{2p_1} - p_2 \right) + W_c \right]$$

Литература:

1. В. Л. Николаенко. Прикладная механика. Расчет типовых элементов конструкций. – Издательство Гревцова, 2010. – 386 стр.