

Yu. A. DAVYDENKO

ADVANTAGES OF CONTROLLED VIBROMACHINES FOR MANUFACTURING LIGHT-WEIGHT CONCRETE PRODUCTS

As light-weight concrete products are becoming more and more widely used in construction engineering the actual problem is seen in the creation of progressive and economic equipments for their production. In the paper the advantages of controlled vibromachines created by Professor L. I. Serdjuk Scientific School are stated. Most of them are patented and have got authors' certificates, are introduced and work at enterprises.

Получено 15.05.2008

**ISBN 978-985-468-565-6. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 3. Гомель, 2009**

УДК 629.4.027.2:621.318.3

А. В. ЗАВОРОТНЫЙ, И. А. ВОРОЖУН,

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКИ ВАГОНА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОДВЕСОМ НА НАПРАВЛЯЮЩИЙ ПУТЬ

На основе метода Германа–Даламбера составлена система динамических уравнений движения элементов транспортного средства на магнитном подвесе. С использованием данной математической модели описано вертикальное и вращательное движение железнодорожного вагона, тележки, электромагнитов и скользунов в процессе аварийной посадки на путь. Получена расчетная зависимость динамической силы, действующей на вагон, от предварительного поджатия пружин.

Исследования в области бесконтактных транспортных средств на магнитной подвеске успешно ведутся во многих развитых странах мира. Принципиальной отличительной особенностью такого транспорта является отсутствие традиционных для наземного транспорта колес, выполняющих функции опирания, направления и передачи тягового усилия за счет сцепления с дорожным полотном (рельсами), т. е. отсутствие механического контакта подвижного состава с путевым полотном в режиме левитации. При использовании системы электромагнитного подвеса подвижной состав удерживается и стабилизируется относительно путевого полотна на высоте 10–15 мм и приводится в движение бесконтактным линейным электродвигателем.

При обесточивании электромагнитов подвешивания подвижной состав совершает аварийную посадку на путевое полотно. Для обеспечения безопасности посадки на подвижном составе устанавливаются опорные скользуны. Величина воздушного зазора между опорными поверхностями скользунов и направляющими путевого полотна в режиме левитации составляет 10 – 15 мм. В

связи с этим при разработке и создании новых транспортных средств на электромагнитной подвеске возникла проблема выбора рациональных параметров упруго-вязких связей скользящих с рамой тележки.

Целью настоящего исследования является установление влияния предварительного поджатия пружин подвески скользящих посадочных устройств на значение динамических сил в них при аварийной посадке вагона на путь.

Для проведения исследования используем схему вагона на электромагнитной подвеске, представленную на рисунке 1. В рассматриваемой модели процесса аварийной посадки вагона на направляющий путь кузов вагона, тележка, электромагниты и скользящие посадочные устройства считаются абсолютно твердыми телами, а упруго-вязкие связи кузова, электромагнитов и скользящих с тележкой содержат пружины, имеющие линейные характеристики и демпферы вязкого трения. Движение механической системы рассматривается в продольной вертикальной плоскости на прямом горизонтальном участке пути. Галомирование скользящих посадочных устройств и электромагнитов не учитывается.

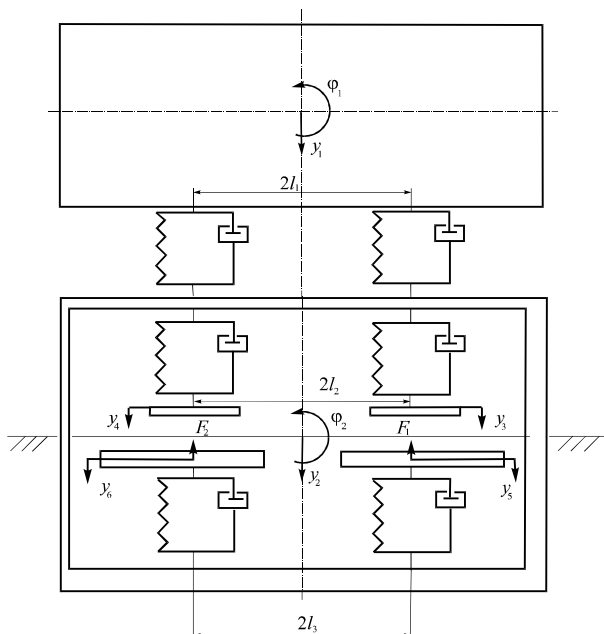


Рисунок 1 – Расчетная схема вагона

Обозначим массы и вертикальные линейные перемещения соответственно: кузова вагона m_1 , y_1 ; тележки m_2 , y_2 ; левого m_3 , y_3 и правого m_3 , y_4 скользящего посадочного устройства; левого m_4 , y_5 и правого m_4 , y_6 электромагнита от положений, которые они занимали в режиме левитации. Моменты инерции и угло-

вые перемещения относительно центральных осей обозначим соответственно: кузова вагона I_1, φ_1 ; тележки I_2, φ_2 .

Весь процесс аварийной посадки вагона разобьем на два этапа. На первом этапе при мгновенном обесточивании электромагнитов подвеса происходит свободное падение вагона до момента соприкосновения скользящих опорных устройств с направляющими пути, на втором этапе – колебание тел механической системы. Начало отсчета каждой из координат y_i, φ_i , определяющих положение тел системы, соответствует на первом этапе режиму левитации, а на втором этапе – моменту соприкосновения скользящих опорных устройств с направляющими пути. Таким образом, при принятых допущениях на каждом этапе рассматриваемая система будет иметь восемь независимых координат. Применим способ Германа–Даламбера и запишем систему дифференциальных уравнений, отражающих движение тел системы:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1 - m_1 g + N_1 + N_2 &= 0; \\ m_2 \ddot{y}_2 - m_2 g - N_1 - N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 &= 0; \\ m_3 \ddot{y}_3 - m_3 g - N_3 + N_7 &= 0; \\ m_3 \ddot{y}_4 - m_3 g - N_4 + N_8 &= 0; \\ m_4 \ddot{y}_5 - m_4 g - N_5 + F_1 &= 0; \\ m_4 \ddot{y}_6 - m_4 g - N_6 + F_2 &= 0; \\ I_1 \ddot{\varphi}_1 - (N_1 - N_2) l_1 &= 0; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + (N_1 - N_2) l_1 - (N_3 - N_4) l_2 - (N_5 - N_6) l_3 &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$

где $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8$ – соответственно вертикальные силы двух рессорных комплектов подвески кузова, скользящих опорных устройств, электромагнитов и силы взаимодействия левого и правого скользящих опорных устройств с направляющими пути; F_1, F_2 – подъемные силы электромагнитов; $2l_1, 2l_2, 2l_3$ – соответственно расстояния между серединами рессорных комплектов подвески кузова, скользящих опорных устройств и электромагнитов; g – ускорение свободного падения.

Вертикальные силы рессорных комплектов подвески кузова, скользящих опорных устройств и электромагнитов определяются выражениями:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= c_1 [f_1 + y_1 - y_2 - (\varphi_1 - \varphi_2) l_1] + \beta_1 [\dot{y}_1 - \dot{y}_2 - (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) l_1]; \\ N_2 &= c_1 [f_1 + y_1 - y_2 + (\varphi_1 - \varphi_2) l_1] + \beta_1 [\dot{y}_1 - \dot{y}_2 + (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) l_1]; \\ N_3 &= c_2 (f_2 - y_3 + y_2 - \varphi_2 l_2) + \beta_2 (-\dot{y}_3 + \dot{y}_2 - \dot{\varphi}_2 l_2); \\ N_4 &= c_2 (f_2 - y_4 + y_2 + \varphi_2 l_2) + \beta_2 (-\dot{y}_4 + \dot{y}_2 + \dot{\varphi}_2 l_2); \\ N_5 &= c_3 (f_3 - y_5 + y_2 - \varphi_2 l_3) + \beta_3 (-\dot{y}_5 + \dot{y}_2 - \dot{\varphi}_2 l_3); \\ N_6 &= c_3 (f_3 - y_6 + y_2 + \varphi_2 l_3) + \beta_3 (-\dot{y}_6 + \dot{y}_2 + \dot{\varphi}_2 l_3), \end{aligned} \right\} (2)$$

где c_1, c_2, c_3 – соответственно жесткости рессорных комплектов подвески кузова, скользунов и электромагнитов; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – соответственно коэффициенты сопротивления демпферов подвески кузова, скользунов и электромагнитов; f_1, f_2, f_3 – соответственно статические прогибы рессорных комплектов подвески кузова, скользунов и электромагнитов.

Силы взаимодействия скользунов с направляющими пути на первом этапе движения вагона равны нулю, а на втором этапе определяются уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} N_7 &= c_4(f_4 + y_3) + \beta_4 \dot{y}_3; \\ N_8 &= c_4(f_4 + y_4) + \beta_4 \dot{y}_4; \end{aligned} \right\}$$

где c_4, β_4 – соответственно коэффициенты жесткости и вязкого сопротивления в зоне контакта скользунов с направляющими пути; f_4 – статический прогиб.

Движение механической системы исследовалось при мгновенном обесточивании электромагнитов подвеса ($F_1 = F_2 = 0$).

Численное интегрирование системы дифференциальных уравнений (1) проводилось при следующих исходных данных:

$m_1 = 5550$ кг; $m_2 = 1480$ кг; $m_3 = 60$ кг; $m_4 = 1425$ кг; $I_1 = 1000$ кг м²; $I_2 = 500$ кг м²; $c_1 = 0.5 \cdot 10^6$ Н/м; $c_2 = 2.88 \cdot 10^6$ Н/м; $c_3 = 2.23 \cdot 10^6$ Н/м; $c_4 = 1 \cdot 10^8$ Н/м; $\beta_1 = 31.5 \cdot 10^3$ Н с/м; $\beta_2 = 19 \cdot 10^3$ Н с/м; $\beta_3 = 12.1 \cdot 10^3$ Н с/м; $\beta_4 = 1 \cdot 10^4$ Н/м; $l_1 = l_2 = l_3 = 2$ м.

Величина предварительного поджатия пружин посадочных устройств варьировалась в пределах 0,01–0,04 м. Результаты расчета представлены на рисунке 2.

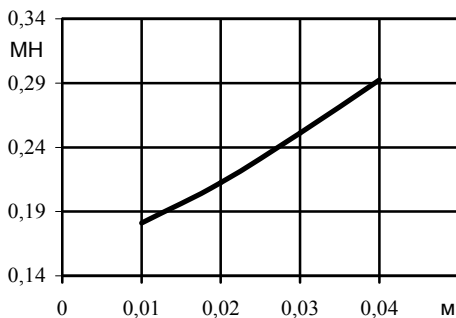


Рисунок 2 – Зависимость динамических сил в посадочных устройствах от величины предварительного поджатия пружин

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что при принятых исходных данных увеличение предварительного поджатия пружин, а следовательно, и увеличение первоначального воздушного зазора между скользящими посадочными устройствами и направляющими пути сопровождается значительным увеличением динамических сил.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Горский, В. М.** Динамика вагона на электромагнитной подвеске при его посадке на путь / В. М. Горский, А. В. Заворотный // Исследование работы основных подсистем скоростного транспорта на электромагнитной подвеске : сб. науч. тр. – М. : НПО «Гидротрубопровод», 1990. – С. 23–29.

2 **Заворотный, А. В.** Исследование аварийной посадки вагона с электромагнитным подвесом / А. В. Заворотный, И. А. Ворожун // Механика. Теория, задачи, учебно-методические разработки : сб. науч. тр. / под ред. А. О. Шимановского. – Гомель : БелГУТ, 2006. – С. 50–56.

A. V. ZAVOROTNY, I. A. VOROZHUN,

CAR WITH ELECTROMAGNETIC SUSPENSION EMERGENCY GUIDEWAY LANDING SIMULATION

Based on German-d'Alembert method the system of dynamic equations for vehicles on magnetic suspension movements has been worked out. Railway car, bogie, electromagnets and bearers during emergency guideway landing vertical and rotary motions have been described with the help of this mathematical model. The calculated dynamic force worked on the car and preliminary springs prepressure dependence has been received.

Получено 12.11.2008

**ISBN 978-985-468-565-6. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 3. Гомель, 2009**

UDC 539.385

D. D. KINDOVA-PETROVA, S. V. LILKOVA-MARKOVA

University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia

NON-HOMOGENEOUS TORSION OF THIN-WALLED BEAMS WITH OPEN CROSS-SECTIONS AND LOADED WITH TORSION MOMENT

Non-homogeneous torsion of thin-walled beams with open cross-sections has been investigated. There is the consideration of three beams with different supports where the load is a torsion moment at the right end. Formulae of the function of the rotation have been deduced. Numerical results are represented in figures.