

Список литературы

1 Нельзин, А. Е. Использование фото- и видеотехники в демонстрационном эксперименте / А. Е. Нельзин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2010. – № 6. – С. 42–52.

2 Боуден, Ф. П. Трение и смазка твёрдых тел / Ф. П. Боуден, Д. Тейбор ; пер. с англ. Н. М. Михина и А. А. Силина ; под ред. И. В. Крагельского. – М. : Машиностроение, 1968. – С. – 277–315.

3 Слободещкий, И. Сухое трение / И. Слободещкий // Квант. – 2002. – № 1. – С. 29–31.

УДК 531.4.43:778.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОСЪЁМКИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЕСА МАКСВЕЛЛА

В. И. ПОРТНОВ, Е. О. КОЩЕЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Маятник (колесо) Максвелла представляет собой колесо на оси, подвешенное на нитях. Он прост в обращении, закручивающиеся вокруг оси колеса нити позволяют вращаться колесу и возвращаться в исходное положение. Его используют для наглядной демонстрации закона сохранения энергии. Обычно в процессе демонстрации заметно, что при обратном движении колесо не достигает исходной высоты. Нашей целью является выяснение причины потери энергии в таком эксперименте.

Для детального исследования движения весь процесс записывался на видеокамеру. Было проведено и оцифровано два эксперимента: № 1 – маятник с простым колесом и № 2 – с колесом, к которому были прикреплены лопасти, создающие повышенное трение о воздух. Об использовании видеосъёмки в физическом эксперименте подробно написано в статье [1].

Основываясь на результатах эксперимента № 1, можно сделать вывод о том, что потеря энергии происходит в результате удара, когда центр тяжести колеса резко меняет направление движения (в момент времени 1,9 с). Энергия удара расходуется на колебания перекладины стенда и колебания в плоскости, перпендикулярной стенду, вследствие резко переместившейся точки подвеса.

В эксперименте № 1 линейная регрессия зависимости вертикальной скорости от времени (рисунок 1) показала, что движение в пределах ошибки является равноускоренным, причем ускорения при подъёме и спуске практически одинаковы. Из этого и из основных закономерностей сил трения [2] следует, что основная потеря энергии происходит из-за ударного резкого изменения вертикальной скорости в самой нижней точке положения колеса Максвелла.

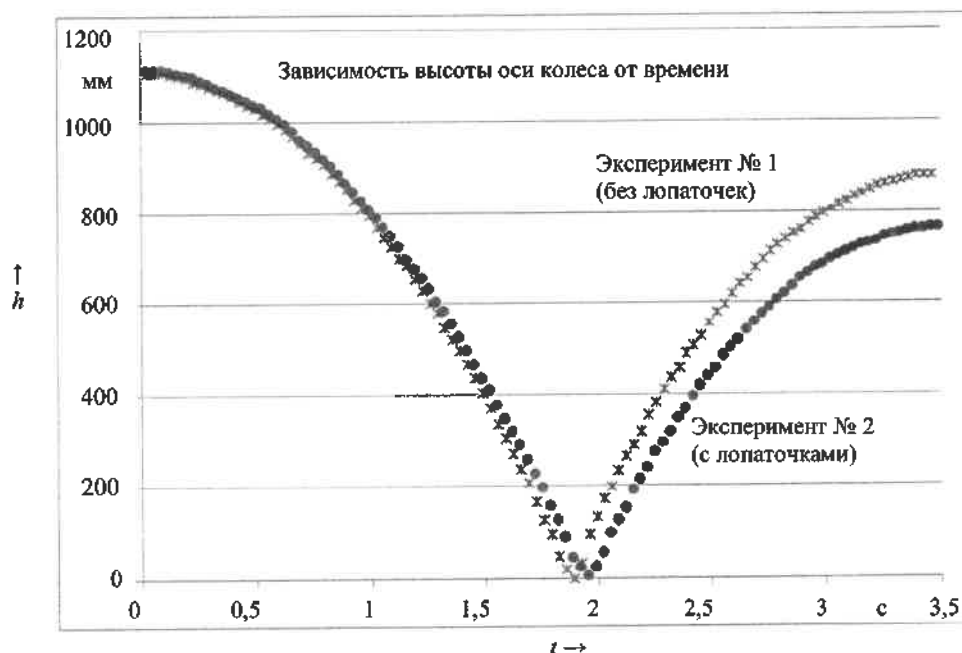


Рисунок 1 – Зависимость координаты от времени колеса Максвелла для простого колеса (№ 1) и колеса с лопаточками (№ 2)

На рисунке 1 видно, что при эксперименте № 2 (маятник с лопастями) колесо достигло нижней точки (удар) позже, что говорит о более низкой средней скорости и, следовательно, о большей силе трения. Однако последствия удара в эксперименте № 2 также более существенны, чем для № 1, возможно, вследствие затраты энергии на колебание лопаточек относительно корпуса колеса.

Особо хотелось бы отметить, что качество камеры было невысоким, что позволяет использовать предлагаемую методику измерения параметров движения в достаточно сложных условиях и получить результаты без серьезных материальных затрат.

Список литературы

1 Нельзин, А. Е. Использование фото- и видеотехники в демонстрационном эксперименте / А. Е. Нельзин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2010. – № 6. – С. 42–52.

2 Боуден, Ф. П. Трение и смазка твердых тел / Ф. П. Боуден, Д. Тейбор ; пер. с англ. Н. М. Михина и А. А. Силина ; под ред. И. В. Крагельского. – М. : Машиностроение, 1968.

УДК 621.763

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ВЯЗКОУПРУГИХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

С. Г. ПШЕНИЧНОВ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Исследование задач о переходных волновых процессах в вязкоупругих слоистых композитах с использованием аналитических методов весьма актуально, однако известные на сегодня результаты в этой области не являются исчерпывающими. В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с построением решений таких задач для композитов с произвольным числом однородных линейно-вязкоупругих слоев при малых деформациях, ограниченности области распространения возмущений и ограниченности ползучести материала слоев композита.

Пусть тело занимает область Ω с границей Σ и состоит из N однородных изотропных линейно-вязкоупругих компонент (в частном случае – слоев): $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \dots \cup \Omega_N$ (Ω_i и Ω_j не пересекаются во внутренних точках при $i \neq j$). На поверхностях контакта между компонентами предполагается выполнение условий непрерывности векторов перемещений и напряжений. Для каждой компоненты тела ($n = 1, 2, \dots, N$) запишем уравнения динамики

$$(\hat{\lambda}_n + \hat{\mu}_n) \text{grad div } u^{(n)}(x, t) + \hat{\mu}_n \Delta u^{(n)}(x, t) + f^{(n)}(x, t) = \rho_n \ddot{u}^{(n)}(x, t) \quad (1)$$

и определяющие соотношения

$$\tilde{\sigma}^{(n)}(x, t) = \hat{\mu}_n \text{def } u^{(n)}(x, t) + \hat{\lambda}_n \text{div } u^{(n)}(x, t) \tilde{I}, \quad x(x_1, x_2, x_3) \in \Omega_n. \quad (2)$$

Для компонент с номерами m , $1 \leq m \leq N$, имеющих общие точки с границей Σ , представим граничные условия

$$\tilde{\alpha}^{(m)}(x) \tilde{\sigma}^{(m)}(x, t) n + \tilde{\beta}^{(m)}(x) u^{(m)}(x, t) = p^{(m)}(x, t), \quad x \in \Sigma, \quad t > 0. \quad (3)$$

На поверхности контакта соседних компонент с номерами p и q запишем соотношения

$$u^{(p)}(x, t) = u^{(q)}(x, t), \quad \tilde{\sigma}^{(p)}(x, t) n = \tilde{\sigma}^{(q)}(x, t) n, \quad x \in \Sigma_{pq}. \quad (4)$$

Для каждой компоненты зададим начальные условия:

$$u^{(n)}(x, 0) = b_1^{(n)}(x), \quad \dot{u}^{(n)}(x, 0) = b_2^{(n)}(x), \quad x \in \Omega_n. \quad (5)$$

Точка над буквой означает производную по времени t ; $\tilde{\sigma}^{(n)}$ – тензор напряжений; $u^{(n)}$, $p^{(m)}$, $f^{(n)}$, $b_1^{(n)}$, $b_2^{(n)}$ – векторы перемещений, граничных воздействий, объемных сил, начальных перемещений и скоростей, относящиеся к компоненте тела с соответствующим номером; ρ_n – плотность; $\tilde{\alpha}^{(m)}$, $\tilde{\beta}^{(m)}$ – тензоры 2-го ранга, определяющие тип граничных условий; n – единичная внешняя нормаль к соответствующей границе; Δ – оператор Лапласа; \tilde{I} – единичный тензор; $\hat{\lambda}_n$, $\hat{\mu}_n$ – операторы вида