

Рисунок 4.1

Элементы 2 и 3 названы струнами, так как каждый из них состоит из большого числа предварительно натянутых и не связанных между собой тонких и гибких слоев (проволок), заключенных в общий гибкий корпус (трение между слоями отсутствует благодаря разделяющей их смазке). Заполнитель будем считать средой, обладающей упругими и диссипативными свойствами, малой плотностью по сравнению с плотностью струн и корпуса СТЛ. На этом основании, отнеся массу заполнителя к массе корпуса, будем считать заполнитель невесомой связью между элементами линии. Считаем, что каждая линия имеет продольную вертикальную плоскость симметрии и подвергается действию лишь вертикальных нагрузок, лежащих в этой плоскости. Динамические условия, в которых находятся линии, предполагаются одинаковыми. При этих предположениях можно ограничиться рассмотрением вертикальных колебаний сечения СТЛ в плоскости симметрии под действием движущихся нагрузок. Заметим, что этот вывод справедлив и в том случае, когда линии симметричны относительно вертикальной оси плоскости и связаны между собой так, что точки линий движутся только в вертикальных плоскостях. В дальнейшем при анализе колебаний линии или пролета будем подразумевать вертикальные колебания указанного сечения в плоскости ZOU (рисунок 4.2).

Пусть транспортный модуль представляет собой тележку, имеющую платформу массой $2m_1$ и четыре равномерно нагруженные в состоянии покоя колеса массой m_2 каждое. Амортизатор (подвеска колеса) моделируется

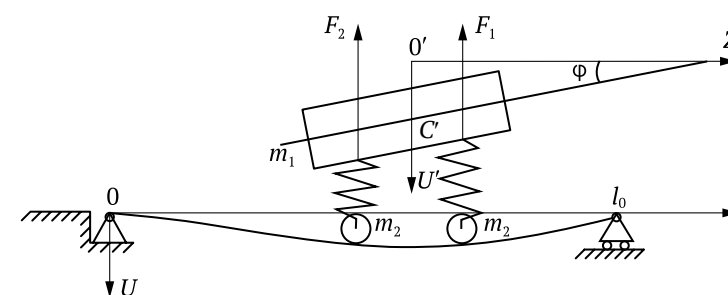


Рисунок 4.2

пружиной с жесткостью c и параллельно включенным демпфером, рабочее усилие которого пропорционально с коэффициентом v_a скорости изменения длины пружины. Расстояние между осями передних и задних колес тележки, когда она находится на горизонтальной поверхности, обозначим l_1 . Отсчет времени ведется с момента $t = 0$, когда переднее колесо первого транспортного модуля въезжает с разгонного участка на первый пролет покоящейся СТЛ.

4.1.1. Вывод уравнений колебаний СТЛ

Для получения системы уравнений, описывающих колебания СТЛ, необходимо записать уравнения движения элементов линии с учетом связей между ними.

1. Уравнение колебаний корпуса СТЛ. Получим уравнение изгибных вертикальных колебаний корпуса СТЛ с заполнителем. Будем считать, что для материала корпуса и для заполнителя зависимость нормального напряжения σ от относительной деформации ε дается формулой:

$$\sigma = E \left(\varepsilon + \mu' \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right), \quad (4.1)$$

где постоянные E – модуль Юнга и μ' – коэффициент, характеризующий внутреннее трение материала. Введем допущение о том, что при изучении вертикальных колебаний корпус СТЛ с заполнителем является однородной балкой с осредненными значениями E и μ' в (4.1). Тогда уравнение поперечных колебаний корпуса можно взять в виде [35]:

$$E \frac{\partial^2}{\partial z^2} \left[I \frac{\partial^2}{\partial z^2} \left(u + \mu' \frac{\partial u}{\partial t} \right) \right] + \rho_0 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = f(z, t) + R_1 + R_2 + \rho_0 g, \quad (4.2)$$