

## **К расчету вынужденных поперечных колебаний динамической системы «тяговый двигатель – моторная балка – соленоид» трамвайного вагона**

*Шпачук В.П., Рубаненко А.И., Кузнецов А.Н.*

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

*Дудко В.В.*

*Казенное предприятие «Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А.Морозова»*

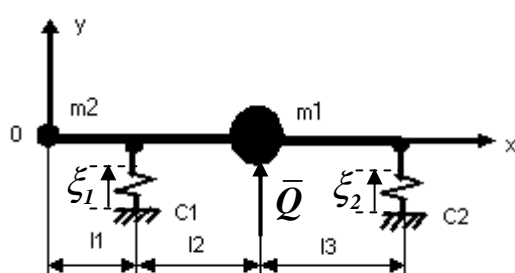
Надежность эксплуатации трамвайных вагонов в значительной степени зависит от технического состояния его основных несущих механических узлов. Основными причинами поломок механического оборудования трамвайного вагона, в частности, его тележки, являются отказы, вызываемые усталостными разрушениями в несущих элементах конструкции: в балках подвески тяговых двигателей моторных балок; продольных балках; элементах подвески узлов, агрегатов и конструкций. Поэтому к состоянию узлов тележки предъявляются повышенные требования, что предусматривает создание режимов эксплуатации с минимально возможным уровнем вибраций. Для обеспечения эксплуатационной надёжности трамвайных тележек необходимо еще на стадии их проектирования выбирать параметры несущих элементов конструкции с учётом действия основных силовых факторов. Конечным результатом любого анализа надёжности являются рекомендации по внедрению мероприятий, направленных на совершенствование конструкции или изменение эксплуатационных условий. Для этого необходимо иметь четкое представление не только о возможных состояниях системы, но и о причинах, приводящих к нарушениям ее работоспособности.

В этой связи научный и практический интерес представляет интерес задача определения амплитуд и форм вынужденных колебаний балки тягового двигателя, возникающих в процессе эксплуатации из-за неуравновешенности ротора мотора трамвайного вагона и неровностей рельсового пути.

Расчётная механическая схема моторной балки приведена на рисунке.

Здесь:  $m_1, m_2$  - массы, соответственно, тягового двигателя и соленоида;  $c_1, c_2$  -

жесткости, соответственно, левой и правой упругих опор подвески балки;  $l_1, l_2, l_3$  – геометрические параметры балки. Воздействие от неуравновешенности ротора мотора представляется в виде силы  $\bar{Q}$ , приложенной к массе  $m_1$  и изменяющейся по гармоническому закону с частотой вращения ротора. Кинематическое воздействие от неровностей рельсового пути моделируются вертикальным смещением упругих опор  $\xi_1, \xi_2$  по гармоническому закону с частотой, определяемой длиной рельса и скоростью движения вагона.



Расчётная схема моторной балки при вынужденных колебаниях

Общее решение при установившихся вынужденных колебаниях в силу линейности уравнений представлено как суперпозиция решений для каждого вида воздействия с соответствующими граничными условиями.

Проведены численные расчеты моторной балки трамвайного вагона серии ТЗ производства ЧКД – Прага. Анализ численных результатов показал, что при движении вагона с учетом указанных воздействий для моторной балки реализуются первая или вторая формы колебаний, соответствующие преимущественно вертикальному движению и вращению балки как твердого тела вокруг оси, проходящей через ее центр масс.

Как показали исследования, вне резонансных режимов в диапазоне частот кинематического воздействия, который определяется различными значениями длины участка рельса и скоростью движения вагона, реализуются формы движения, соответствующие в основном вращению балки как твердого тела. Наибольшие перемещения возникают на краях моторной балки, в частности, в

месте расположения массы соленоида  $m_2$ , который является элементом тормозной системы трамвая. Это приводит к значительным инерционным нагрузкам и, как следствие, динамическим напряжениям, вызывающим усталостные повреждения балки, что подтверждается данными натурных испытаний. При резонансных режимах реализуются первая и вторая формы колебаний соответственно.

Таким образом, решение поставленной задачи даёт возможность проведения широкого спектра исследований по изучению влияния механических и геометрических параметров моторной балки и её упругих опор, а также параметров возмущающего воздействия на колебания, прогибы и напряжённо – деформированное состояние самой балки и возникающие при этом механические напряжения.