

Если ввести передаточное отношение $i = l_2/l_1$, то можно получить выражение для определения частоты собственных колебаний системы, аналогичное (3):

$$\omega_{\text{соб}}^2 = \frac{k_1 + k_2 i^2}{\frac{J}{l_1^2} + L_1 + L_2 i^2}, \quad (9)$$

а также частоту динамического гашения

$$\omega_{\text{дин}} = \frac{k_1 + k_2 i}{L_1 + L_2 i}, \quad (10)$$

которое будет отличаться от (4).

Отношение частот имеет соответственно вид

$$R = \frac{(k_1 + k_2 i^2)(L_1 + L_2 i)}{\left(\frac{J}{l_1^2} + L_1 + L_2 i^2\right)(k_1 + k_2 i)}, \quad (11)$$

откуда следует, что R будет всегда меньше единицы, в отличие от выражения (6). Вычислительное моделирование и сопоставление двух систем, имеющих в своем составе рычаги второго и первого родов, дают следующую информацию:

1 В обеих системах частоты собственных колебаний будут одинаковыми так же, как и частотные уравнения системы. Однако последнее нельзя утверждать по отношению к системам, имеющим другую конфигурацию, потому что передаточные отношения рычагов второго и первого рода принципиально отличаются знаками.

2 Отличия заключаются в том, что в системах будут различные частоты динамического гашения и различные зависимости этих частот от параметров системы.

3 Система с рычагом второго рода обладает режимом, в котором при сочетании параметров $k_1 = k_2 i$ и $L_1 = L_2 i$ возможно своеобразное «самозаклинивание» системы.

4 Так как отношение R изменяется в пределах $0 \leq R \leq \infty$, то это дает возможность получения соответствующих характеристик с частотами динамического гашения до и после режимов резонанса.

5 При рычагах второго и первого рода оба типа ВЗС «запираются» на высоких частотах, однако уровни запираения будут различными.

6 Отмеченные различия при введении рычагов первого и второго рода (или влияния сочленений) проявляются в схемах с кинематическим возмущением. При силовых возмущениях рычаги первого и второго рода (это следует из рассмотрения передаточных функций) будут обладать одними и теми же частотными свойствами, хотя и иметь различное конструктивное исполнение системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Динамический синтез в обобщенных задачах виброзащиты и виброизоляции технических объектов / С. В. Елисеус [и др.]. – Иркутск : Изд-во Иркутского. гос. ун-та, 2008. – 523 с.

УДК 629.44

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ТКУ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ

А. Д. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, С. М. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современный уровень развития вычислительной техники позволяет совершенствовать научные основы проектирования гравитационных ТКУ за счёт реализации более адекватных математических моделей и изучения закономерностей, характерных для динамики данных устройств, что в ко-

в конечном итоге позволяет создавать более совершенные конструкции ТКУ, отвечающие требованиям безопасности перевозочного процесса, сохранности груза и подвижного состава.

С использованием разработанной авторами математической модели исследованы динамические характеристики катковых ТКУ, и в частности влияние основных параметров катковых ТКУ на безопасность транспортировки и сохранность грузов, закреплённых на вагонах посредством данного типа устройств.

Для ТКУ каткового типа характерно, что чем больше радиус рабочих поверхностей ТКУ и чем меньше коэффициент трения, тем меньше ускорение груза в пределах рабочего хода ТКУ, однако тем быстрее (при меньшей начальной скорости соударения) заканчивается рабочий ход ТКУ и наступает удар об ограничитель, сопровождающийся значительным ускорением. Для множества комбинаций значений радиуса опорных поверхностей и начальной скорости соударения определены значения коэффициента трения, при котором достигается минимальное ускорение груза при ударе и работа ТКУ в пределах рабочего хода.

Для ТКУ каткового типа характерно, что по мере увеличения коэффициента трения максимальное ускорение груза сначала уменьшается, а затем, при дальнейшем увеличении коэффициента трения ускорение увеличивается. Это объясняется тем, что на ускорение груза влияет как коэффициент трения, так и радиусы опорных поверхностей. Определены такие сочетания значений коэффициента трения и радиуса опорных поверхностей, при которых продольное ускорение груза минимальное.

Установлены оптимальные значения параметров катковых ТКУ на основе обобщённого технико-экономического критерия (ОТЭК), учитывающего следующие виды ущерба, наносимого системе «Опорные вагоны – длинномерный груз»: из-за повреждающего действия на вагоны разовых продольных нагрузок значительной величины; от усталостных повреждений вагонов; от повреждающего действия на груз отдельных перегрузок. Минимальное значение ОТЭК для катковых ТКУ достигается при следующих параметрах: радиусе опорных поверхностей равном 0,5 м, и коэффициенте трения, равном 0,1.

Из рассмотренных выше свойств катковых ТКУ вытекают возможные направления совершенствования их конструкций.

1 Оптимизация параметров ТКУ на стадии проектирования и изготовления. В данном случае параметры ТКУ оптимизируются с учётом вероятности наступления различных скоростей соударения. В качестве критерия для оптимизации в данном случае может быть использован ОТЭК (обобщённый технико-экономический критерий).

2 Создание ТКУ, конструкция которых позволяет регулировать основные параметры в процессе эксплуатации в зависимости от ожидаемых условий перевозки, например, в зависимости от массы перевозимого груза и от ожидаемых на пути конкретной транспортировки груза максимальных скоростей соударения.

В данном случае в конструкции ТКУ должны быть предусмотрены возможности регулирования сил трения и формы опорных поверхностей. Одной из возможностей введения в катковую опору дополнительных сил трения является реализация регулируемых сил кулонова трения на боковых фрикционных поверхностях нижнего и верхнего элементов опоры и торцах катков при их перекатывании. Изменение величины трения возможно также за счет реализации в опоре сил вязкого (линейного) сопротивления. Это может быть достигнуто применением покрытия катка или опорных поверхностей материалами, сменяемыми при перекатывании катка. Также можно использовать в зоне взаимодействия катка с опорными поверхностями оболочки с вязкой жидкостью. Регулирование силы сопротивления может осуществляться изменением числа таких оболочек и их параметров, а также параметров покрытия.

3 Создание ТКУ, конструкцией которых предусмотрено саморегулирование сил трения и формы опорных поверхностей при каждом конкретном случае соударения в зависимости от условий соударения, в частности, в зависимости от начальной скорости соударения и от величины массы груза и вагонов, участвующих в соударении. При реализации на практике такого подхода можно добиться, чтобы при любых условиях соударения рабочий ход ТКУ использовался полностью, и, таким образом, ускорение груза при ударе было минимально возможным. В данном случае в конструкции ТКУ должны быть предусмотрены механизмы саморегулирования сил трения и формы опорных поверхностей.

Наиболее простыми для реализации и дешёвыми для изготовления и эксплуатации являются ТКУ, конструкция которых соответствует первому из предложенных направлений. Конструкции,

соответствующие третьему направлению, являются наиболее дорогостоящими в изготовлении, однако обеспечивает наибольшую сохранность груза и подвижного состава, т. е. могут обеспечить на практике наибольшую экономическую эффективность.

УДК 656.078.11

ДИНАМИКА СИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬ – ЯРУСЫ ТРУБ» ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ

А. В. ЗАВОРОТНЫЙ, И. А. ВОРОЖУН, Е. С. КОРОТКЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Металлические, железобетонные и асбестоцементные трубы перевозят от заводов изготовителей до пунктов назначения железнодорожным, автомобильным, водным и другими видами транспорта. В населенных пунктах доставка труб к месту их установки осуществляется автомобильным транспортом.

Наличие в населенных пунктах светофоров, нерегулируемых пешеходных переходов требует от водителей автомобилей повышенного внимания, особенно при перевозке длинномерных и крупногабаритных грузов, какими являются трубы. Водитель автомобиля должен знать, что длина тормозного пути, даже с полностью заторможенными колесами, зависит как от скорости движения, так и от состояния дороги.

Целью исследований является установление влияния жесткости крепления труб к раме автомобиля на продольное смещение ярусов труб и длину тормозного пути автомобиля.

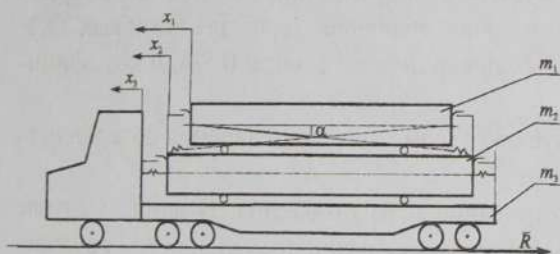


Рисунок 1 – Расчетная схема

Для проведения исследований автомобиль с закрепленными на нем трубами представим в виде системы, показанной на рисунке 1. В принятой схеме четыре трубы размещены на раме автомобиля в два яруса, а реквизиты крепления содержат упругие элементы с линейными характеристиками и оснащены натяжными устройствами. Движение автомобиля рассматривается при полностью заторможенных колесах.

Обозначим массы и продольные линейные перемещения: двух труб верхнего яруса – m_1 , x_1 ; двух труб нижнего яруса – m_2 , x_2 ; автомобиля – m_3 , x_3 . Таким образом, при принятых допущениях рассматриваемая система будет иметь три независимых координаты. Применим способ Даламбера и запишем систему дифференциальных уравнений, отражающих движение двух ярусов труб и автомобиля:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + T_{1л} \cos \alpha_{л} - T_{1п} \cos \alpha_{п} + F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= 0; \\ m_2 \ddot{x}_2 + T_{2л} - T_{2п} - T_{1л} \cos \alpha_{л} + T_{1п} \cos \alpha_{п} - \\ - F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) &= 0; \\ m_3 \ddot{x}_3 - T_{2л} + T_{2п} - F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + R &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $T_{1л}$, $T_{1п}$, $T_{2л}$, $T_{2п}$ – соответственно силы упругости элементов продольного крепления труб верхнего и нижнего ярусов; F_1 , F_2 – соответственно силы сухого трения между трубами верхнего и нижнего ярусов, трубами нижнего яруса и опорами на раме автомобиля; R – сила трения скольжения между шинами колес автомобиля и дорогой.

Численное интегрирование системы дифференциальных уравнений (1) проводилось для скорости 10 м/с на момент начала торможения автомобиля при следующих исходных данных: $m_1 = m_2 = 5700$ кг; $m_3 = 11700$ кг; $l = 3$ м; $h = 0,6$ м; $c_1 = c_2 = 1$ МН/м; $\mu = 0,8$; $f_1 = f_2 = 0,6$; $g = 9,81$ м/с². Расчеты проводились в среде MathCAD 2001 Professional.

Величина коэффициента жесткости упругих элементов для продольного крепления труб обоих ярусов принималась одинаковой и варьировалась в пределах 0,08–0,5 МН/м. Предварительным натяжением элементов продольного крепления труб пренебрегаем.

Результаты расчетов представлены в виде графиков на рисунках 2, 3.