

Н. А. РАДЧЕНКО (ИТСТ, Трансмаг НАН Украины), О. В. ЗВОНАРЕВА (ДИИТ),
Т. И. КУЗНЕЦОВА (ИТСТ, Трансмаг НАН Украины)

О ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТАХ ОЧЕРТАНИЯ ПУТЕВЫХ КОНТУРОВ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С ПЛОСКОЙ ПУТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ

Описано два варианты окреслення колійних контурів електродинамічної транспортної системи з плоскою колійною структурою, що відповідають умовам стійкості руху транспортного засобу в прямолінійних та криволінійних ділянках шляху.

Ключові слова: окреслення колійних контурів електродинамічної транспортної системи, плоска колійна структура, умови стійкості руху

Описаны два варианта очертаания путевых контуров электродинамической транспортной системы с плоской путевой структурой, соответствующей условиям устойчивости движения транспортного средства в прямолинейных и криволинейных участках пути.

Ключевые слова: очертаание путевых контуров электродинамической транспортной системы, плоская путевая структура, условия устойчивости движения

Two new shapes for ground coils of an electrodynamic transport system with plain track structure, providing stable motion of the levitating vehicle in the rectilinear and curvilinear track sections are proposed.

Keywords: shapes for ground coils of an electrodynamic transport system, plain track structure, conditions of motion stability

В ранее изложенных материалах [1, 2], посвященных описанию конструктивных схем и оценке динамики электродинамических экипажей для систем с плоской путевой структурой, предлагались в качестве путевых контуров прямоугольное их очертаание в плане. Однако может оказаться целесообразным использование контуров шестиугольного очертаания в плане по конструктивным соображениям и, в первую очередь, по условиям размещения на плоских донных поверхностях транспортных средств и по рациональным значениям намагничивающей силы в соленоидах магнитов.

Для таких систем важно, чтобы их параметры соответствовали бы условиям устойчивого прямолинейного и криволинейного движения транспортного средства.

Поэтому, изложенные в настоящей работе материалы представляют теоретический и практический интерес.

Рассмотрим возможность использования шестиугольных путевых контуров из условия устойчивости движения транспортного средства в прямолинейных и криволинейных участках плоской путевой структуры на основе оценки пространственных колебаний экипажа в широком диапазоне скоростей.

Будем рассматривать движение транспортного средства, представляемого электромеханической системой, состоящего из трех твердых тел (кузова и двух тележек с прикреплен-

ными к ним магнитами на плоских горизонтальных поверхностях) и путевых контуров, в которых индуцируются токи от экипажных магнитов. Кузов опирается на две тележки в вертикальном и поперечном направлениях посредством упруго-диссипативных элементов. Сверхпроводящие магниты установлены в два ряда, которые разнесены в поперечном направлении на максимально возможное расстояние по ширине тележек, и установлены так, чтобы проекции их продольных осей совпадали в состоянии равновесия с продольными осями путевых контуров.

Очертаание шестиугольных путевых контуров получено путем деления на две равных части продольных сторон прямоугольных контуров и смещения точек их деления в наружную или во внутреннюю стороны от продольной оси контуров.

Математическая модель движения экипажа представляет собой систему связанных дифференциальных уравнений, описывающих его пространственные колебания с помощью уравнений Лагранжа II рода, и изменение наведенных токов в контурах от магнитов, перемещающихся вместе с экипажем [1].

На начальном этапе исследований были определены рациональные значения основных параметров системы, удовлетворяющие условию устойчивости движения экипажа в прямо-

линейных и криволинейных участках путевой структуры.

Для экипажа, масса кузова которого равна 25 т, а двух тележек по 3,75 т, рациональными значениями размеров соленоидов сверхпроводящих магнитов и путевых контуров оказались: диаметр прутков контуров 0,03 м, длина соответственно магнитов и контуров 1,2 и 1,0 м, ширина магнита 0,75 м, контура в верхней части 0,30 м, а в средней части 0,05 м (вариант I). Во втором в качестве рационального варианта рассматривался случай, когда ширина магнита равна 0,9 м, а контура в верхней части 0,3 м, в средней части – 0,5 м. Намагничивающая сила в соленоидах составила 690 тыс. А·витков для I-го варианта очертания контуров и 306 тыс. А·витков – для II-го варианта.

Рассматривалось движение по участку плоской путевой структуры следующего очертания в плане: прямолинейный участок пути протяженностью 150 м, входная переходная кривая длиной 500 м, круговая кривая радиусом 8000 м с углом наклона поверхности путевой структуры к горизонтальной плоскости в сторону центра кривизны 0,1 рад длиной 150 м, выходная переходная кривая протяженностью 400 м и прямолинейный участок пути – 400 м. Очертание переходных кривых принималось таким, при котором их кривизна изменялась по синусоидальному закону [3].

Рассмотрим полученные результаты расчетов, оценивая динамические качества экипажа по критерию устойчивости его движения по максимальным значениям перемещений кузова и тележек, левитационным зазорам под сверхпроводящими магнитами, ускорением кузова в вертикальном и поперечном направлениях.

Отметим, что перемещения всех твердых тел быстро затухают как в прямолинейных, так и в криволинейных участках путевой структуры, т.е. движение экипажа устойчиво, перемещения кузова и тележек в вертикальном направлении, углы их галопирования и виляния практически не зависят от кривизны пути, а перемещения бокового отбоя кузова y_k и тележек y_i (k и i – индексы для обозначения кузова и номера тележек) и углы боковой их качки θ_k и θ_i имеют наибольшие значения в круговой кривой, также как и значения поперечных ускорений кузова \ddot{y}_k . Поэтому ниже приведем значения перемещений тележек в вертикальном направлении и максимальные значения величин y_k , y_i , θ_k , θ_i , \ddot{z}_k , \ddot{z}_i .

Для случаев, когда имеет место левитационное движение в интервале скоростей 30 и 100 м/с:

I-й вариант очертания путевых контуров
а) значение скорости 30 м/с:

$$z_i = 0,05 \text{ м}, y_k = 0,099 \text{ м}, y_i = 0,05 \text{ м},$$

$$\theta_k = 0,017 \text{ рад}, \theta_i = 0,0053 \text{ рад},$$

$$\ddot{z}_k = 0,99 \text{ м/с}^2, \ddot{y}_k = 0,8 \text{ м/с}^2;$$

б) значение скорости 100 м/с:

$$z_i = 0,18 \text{ м}, y_k = 0,027 \text{ м}, y_i = 0,01 \text{ м},$$

$$\theta_k = 0,0082 \text{ рад}, \theta_i = 0,0047 \text{ рад},$$

$$\ddot{z}_k = 0,3 \text{ м/с}^2, \ddot{y}_k = 0,31 \text{ м/с}^2;$$

II-й вариант очертания путевых контуров

а) скорость 30 м/с:

$$z_i = 0,039 \text{ м}, y_k = 0,059 \text{ м}, y_i = 0,028 \text{ м},$$

$$\theta_k = 0,0135 \text{ рад}, \theta_i = 0,0053 \text{ рад},$$

$$\ddot{z}_k = 0,22 \text{ м/с}^2, \ddot{y}_k = 0,8 \text{ м/с}^2;$$

б) скорость 100 м/с:

$$z_i = 0,17 \text{ м}, y_k = 0,06 \text{ м}, y_i = 0,041 \text{ м},$$

$$\theta_k = 0,0128 \text{ рад}, \theta_i = 0,0049 \text{ рад},$$

$$\ddot{z}_k = 0,4 \text{ м/с}^2, \ddot{y}_k = 0,3 \text{ м/с}^2.$$

Как видно из приведенных результатов, для обоих вариантов очертания контуров путевой структуры имеет место левитационное движение экипажа при небольших перемещениях твердых тел системы.

Результаты этих исследований могут оказаться интересными и полезными для конструкторов, занимающихся созданием электродинамических транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колебания и устойчивость движения экипажей электродинамических транспортных систем нетрадиционных конструкций [Текст] / В. А. Дзензерский [и др.] // Вестник Херсонск. нац. ун-та «ХНТУ». – 2009. – Вып. 35. – С. 185-189.
2. К выбору рациональных конструктивных схем электродинамических транспортных систем [Текст] / Н. А. Радченко [и др.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 18-22.
3. Шахунянц, Г. М. Железнодорожный путь [Текст] / Г. М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1969. – 536 с.

Поступила в редколлегию 05.04.2011.

Принята к печати 14.04.2011.