

8. Маринич, Л.А. Оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна: каталог / Л.А. Маринич [и др.]; Минсельхозпрод РБ, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». - Минск, 2009. - 127 с.

Abstract

This paper outlines the main principles of evaluating the continuous operation of grain cleaning and drying complex.

УДК 629.015

**К ИССЛЕДОВАНИЮ ДВИЖЕНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ
КОМБИНИРОВАННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ**

Р.В. Антощенко, к.т.н, доцент, докторант

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенка, г. Харьков, Украина*

В работе предложена методология построения математических моделей движения многоэлементных комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов. Предложенная методология позволяет исследовать динамику многоэлементных мобильных машин разнообразной структуры

Введение

Современные сельскохозяйственные машинно-тракторные агрегаты представляют собой многоэлементные мобильные машины. Посевные агрегаты состоят из трёх элементов, таких как трактор, ёмкость для посевного материала и сеялки, которые движутся последовательно друг за другом [1]. Известны компоновочные схемы посевных агрегатов, у которых ёмкость и сеялка могут менять последовательность расположения [2] или ёмкость для посевного материала может находиться на тракторе и быть жёстко связанная с ним. Динамика данных машин остаётся недостаточно исследованной.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Для исследования динамики многоэлементных машин не существует математических методов в классической динамике. На практике применяют уравнения Лагранжа 2-го рода [3, 4]. Существует работа [5] в которой движение мобильной машины изучают совместно с полуприцепом с помощью уравнений Лагранжа 1-го рода. В приведенных работах математическая модель движения многоэлементной машины является целостной и при изменении

структуры или внутренних связей, необходимо перестраивать её заново, что приводит к увеличению затрат труда и времени на исследования. Если число элементов более двух и расстояние от задней оси мобильной машины до точки прицепа больше нуля, то не существует решения для уравнений Лагранжа 2-го рода [6].

Из этого следует, что не существует методов исследования движения многоэлементных мобильных машин, таких как комбинированные почвообрабатывающие посевные агрегаты разнообразной структуры.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является разработка методологии построения математической модели движения многоэлементных комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов, которая позволяет повысить точность результатов решения, сократить затраты времени и труда на исследования.

Основная часть

Многоэлементные комбинированные почвообрабатывающие посевные агрегаты имеют различные конструкции и взаимное расположение элементов агрегата друг относительно друга. Внешний вид таких агрегатов приведен на рис. 1.



Рисунок 1 - Внешний вид многоэлементных комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов

Существуют следующие конструкции комбинированных посевных агрегатов с последовательным расположением: трактор – бункер – сеялка, трактор – сеялка – бункер и бункер, расположенный на тракторе – сеялка. Динамика данных агрегатов изучена недостаточно. Исследования динамики таких агрегатов требует построения сложных нелинейных математических моделей, что приводит к большим затратам на исследования.

Создание методологии, которая позволит унифицировать элементы посевных агрегатов и позволит с небольшими затратами изменять их положение в математической модели.

Представим математическую модель мобильной машины, которая имеет 6 степеней свободы. Система координат, связанная с местностью, определяется осями X, Y, Z . Подвижная система координат связанная с корпусом машины – x, y, z . Центр подвижной системы координат располагается в центре масс машины, причем ось x совпадает с продольной горизонтальной осью машины и направлена вперед, ось y – также расположена в горизонтальной плоскости машины и направлена влево по ходу машины, ось z – направлена вертикально вверх. Углы поворота мобильной машины вокруг осей x, y, z т.е. крена, тангажа и рыскания обозначены соответственно α, β, γ и за положительное направление вращения принят поворот против часовой стрелки [7].

Система уравнений движения машины имеет вид:

$$\begin{cases} ma_i = F_i; \\ I_i \theta_i = M_i, \end{cases} \quad (1)$$

где m – масса машины;

a_i – ускорения машины;

i – соответствующая ось x, y, z ;

F_i, M_i – обобщённые силы и моменты, действующие на корпус машины;

θ_i – угловое ускорение вокруг осей α, β, γ ;

I_i – приведённые моменты инерции машины к соответствующим осям.

Рассмотрим соединение двух одноузловых динамических моделей.

Соединение двух одноузловых динамических моделей в одной точке изображено на рис. 2. Введём следующие обозначения: верхний индекс обозначает номер динамической модели.

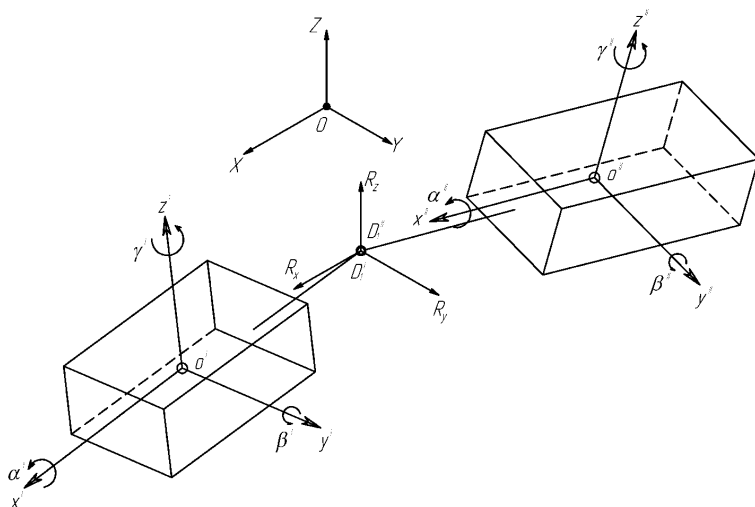


Рисунок 2 - Соединение двух одноузловых динамических моделей:

D_1^I, D_1^{II} – точки соединения динамических моделей; R_x, R_y, R_z – реакции связи в точке соединения динамических моделей параллельны осям глобальной системы координат

Основным условием совместного движения двух машин на гибкой сцепке (угловые перемещения в сцепном устройстве не ограничиваются) является равенство линейных ускорений точек D_1^I, D_1^{II} [8, 9]:

$$\begin{cases} \ddot{X}_1^I - \ddot{X}_1^{II} = 0 \\ \ddot{Y}_1^I - \ddot{Y}_1^{II} = 0 \\ \ddot{Z}_1^I - \ddot{Z}_1^{II} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

В матричном виде система уравнений (9) будет иметь вид:

$$B \cdot \bar{X} = 0. \quad (3)$$

где B – матрица кинематических связей, элементами которой являются коэффициенты системы уравнений (2), стоящие возле угловых и линейных ускорений машины в локальной системе координат;

$\bar{X}$ – вектор ускорений обеих машин:

$$\bar{X} = \{ \ddot{x}^I, \ddot{y}^I, \ddot{z}^I, \ddot{\alpha}^I, \ddot{\beta}^I, \ddot{\gamma}^I, \ddot{x}^{II}, \ddot{y}^{II}, \ddot{z}^{II}, \ddot{\alpha}^{II}, \ddot{\beta}^{II}, \ddot{\gamma}^{II} \}. \quad (4)$$

Система уравнений, описывающая независимое движение двух машин имеет вид:

$$\begin{cases} m^I a_i^I = F_i^I; \\ I_i^I \theta_i^I = M_i^I; \\ m^{II} a_j^{II} = F_j^{II}; \\ I_j^{II} \theta_j^{II} = M_j^{II}, \end{cases} \quad (5)$$

или в матричном виде:

$$M \cdot \bar{X} = \bar{Q}, \quad (6)$$

где M – квадратная диагональная матрица инерционных характеристик двух машин;

$\bar{Q}$ – вектор обобщенных сил и моментов.

С учетом связей (2) накладываемых на систему (5) сцепным устройством полная система уравнений движения многоэлементного агрегата примет вид:

$$\begin{cases} M \cdot \bar{X} + B^T \cdot \bar{R} = \bar{Q}; \\ B \cdot \bar{X} = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где $\bar{R}$ – вектор реактивных усилий в точке соединения двух машин:

$$\bar{R} = \{R_x, R_y, R_z\}. \quad (8)$$

Таким образом, решением системы уравнений (7) будет вектор:

$$\bar{W} = \{\ddot{x}^I, \ddot{y}^I, \ddot{z}^I, \ddot{\alpha}^I, \ddot{\beta}^I, \ddot{\gamma}^I, \ddot{x}^{II}, \ddot{y}^{II}, \ddot{z}^{II}, \ddot{\alpha}^{II}, \ddot{\beta}^{II}, \ddot{\gamma}^{II}, R_x, R_y, R_z\}.$$

Для получения скоростей движения машин в локальной системе координат интегрируются соответствующие составляющие вектора $\bar{W}$. Дальнейшее интегрирование скоростей движения машины в глобальной системе координат позволит получить ее текущие координаты.

Изменение структуры многоэлементного агрегата приводит к изменению коэффициентов в уравнении связи (3). В случае изменения математической модели одного из элементов, заменяются нужные строки в матрице (7).

Заключение

Подход предложенный в данной работе позволяет сократить затраты труда и времени на моделирование движения многоэлементных мобильных машин различных структур. Данная методология построения математической модели позволяет с минимальными затратами ресурсов вносить изменения в математический аппарат исследуемого процесса, исследовать различные типы связей между элементами мобильных машин. В случае исследования движения многоэлементного посевного сельскохозяйственного агрегата упрощаются исследования влияния компоновочных схем на динамику его функционирования.

Литература

1. Антощенко, Р.В. Експериментальні дослідження комбінованого посівного агрегату в складі трактора ХТЗ-150К-09 та сівалки прямої сівби АПП-6 [Текст] / Р.В. Антощенко // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Зб. наук пр. ХНТУСГ, Харків, 2009. – Вип. 76. – С. 335-339.
2. Красовских, В. С. Результаты исследования почвообрабатывающего посевного тягово-транспортного агрегата [Текст] / В.С. Красовских, Н.Н. Бережнов // Весник АГАУ. Барнаул.: Изд-во АГАУ – 2007, №4(30). – С. 57-62.
3. Liljedahl, J.B. Tractors and Their Power Units [Text] / J.B. Liljedahl, P.K. Turnquist, D.W. Smith, M. Hoki // ASAE, St. Joseph, MI. – 1996 – pp. 345-361.
4. Laceklis-Bertmanis, J. Mathematical model of tractor aggregate [Text] / J. Laceklis-Bertmanis, E. Kronbergs // ASAE, St. Joseph, MI. – 1996 – pp. 431-442.
5. Горелов, В.А. Математическое моделирование движения многозвенных колесных транспортных комплексов с учетом особенностей конструкций сцепных устройств [Текст] / В.А. Горелов // Электрон. жур. «Наука и образование: электронное научно-техническое издание». – 2012. – №2. <http://technomag.edu.ru/doc/343394.html>.
6. A. De Luca. Modelling and control of nonholonomic mechanical systems [Text] / A. De Luca, G. Oriolo // Kinematics and Dynamics of Multi-Body Systems (J. Angeles, A. Kecskemethy Eds.). Springer-Verlag. – 1995. – pp. 301-305.
7. Ксенович, Я.П. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет. Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов [Текст] / Я. П. Ксенович, В. В. Гуськов, Н. Ф. Бочаров и др.; Под общ. ред. Я. П. Ксеновича – М.: Машиностроение. 1991. – 544 с.
8. Chieh, C. Dynamic modeling of articulated vehicles for automated highway systems [Text] / C. Chieh, T. Masayoshi // In Proceedings of the American Control Conference, Seattle, USA. – 1995. – pages pp. 653-657.
9. Толстолицкий, В. А. Методология моделирования функционирования многоэлементных мобильных машин на плоской горизонтальной поверхности [Текст] / В.А. Толстолицкий, Р.В. Антощенко// Молодой ученый. Чита. – 2013. – № 11 (58) – С. 186-191.

Abstract

The methodology of constructing mathematical models of multi-motion combined tillage seeders. The proposed methodology allows us to study the dynamics of multi-mobile machines varied structure are presented in this article.