

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

**В.И. Поддубный**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

Математическое моделирование движения позволяет установить оптимальные конструктивные и эксплуатационные параметры колесных машин. Развитие вычислительной техники и современного прикладного объектно-ориентированного программного обеспечения позволяет произвести разработку модели колесной машины, как механотронной системы, состоящей из отдельных частей. Такие возможности предоставляют специализированные пакеты Matlab-Simulink, Matlab-SimMechanik, Camel-View и другие.

Для разработки модели колесного трактора был применен прикладной пакет Camel-View, разработанный специалистами кафедры механотроники технического университета г. Падеборн (Германия). Библиотека модулей класса позволяет создавать механические объекты, устанавливать между ними связи и производить математическое описание механического взаимодействия между объектами механотронной системы.

На рисунке 1 представлено топологическое отображение математической модели колесного трактора К-701.

Трактор состоит из 2 шарнирно соединенных частей – передняя часть (fordermass) и задняя часть (hintermass). Передняя и задняя части соединяются шарниром scharnir, обеспечивающим взаимные угловые перемещения относительно вертикальной и продольной осей. Блок Lenkung генерирует управляющие воздействия, обеспечивающие необходимый сном рамы трактора. Возмущающие воздействия, действующие на трактор со стороны рельефа опорной поверхности, описывает блок anregungFahrbahn. Различные формы входных сигналов для данного блока поставляет генератор сигналов signalGenerator. Сочленение Podwes корпуса трактора с опорной поверхностью обеспечивает перемещение трактора как абсолютно свободного тела с 6 степенями свободы относительно опорной поверхности, моделируемой блоком osi.

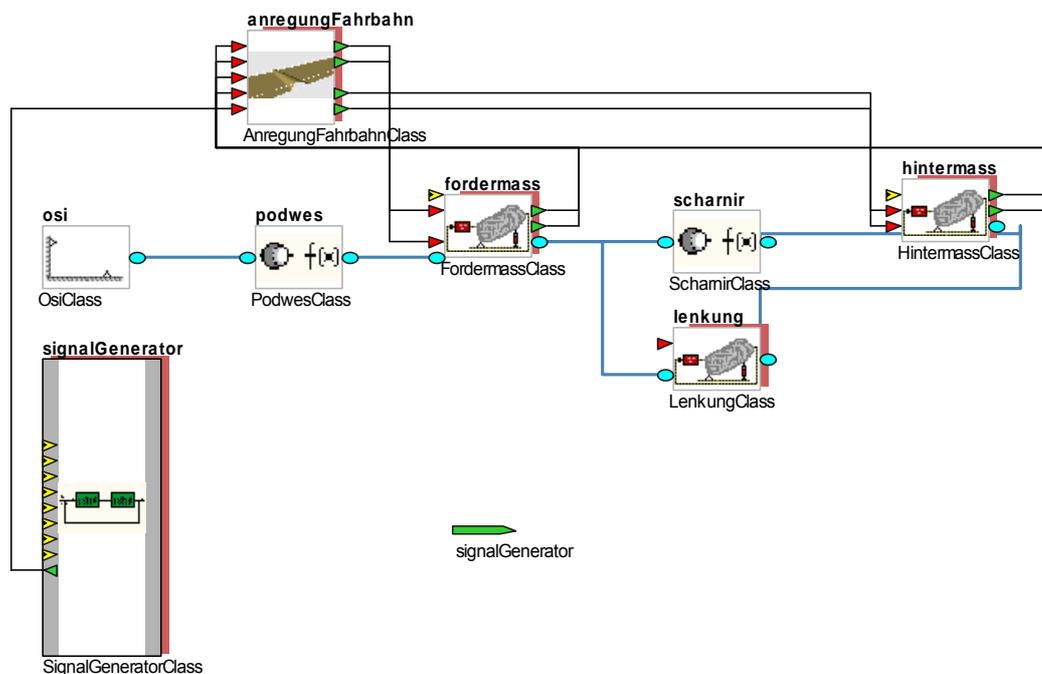


Рисунок 1 – Математическая модель трактора К-701

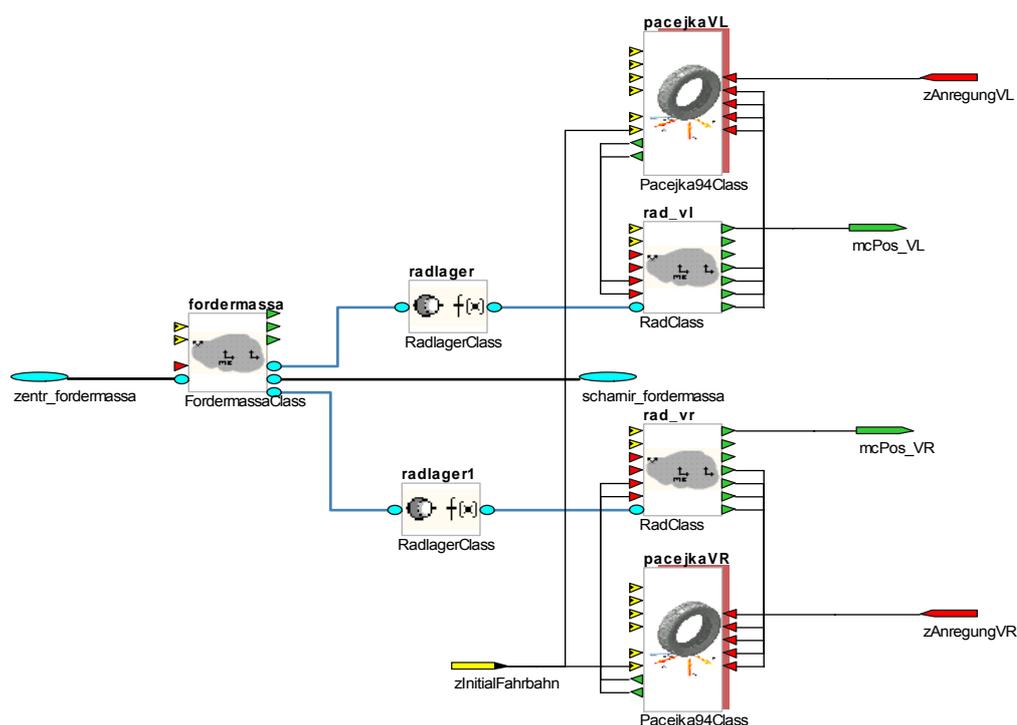


Рисунок 2 – Модель передней части трактора

Отдельные составные части трактора моделируются как твердые тела, массово-геометрические характеристики которых задаются в виде тензора инерции. Соединение отдельных частей осуществляется при помощи сочленений (шарниров), позволяющих устанавливать необходимое число степеней свободы. На рисунке 2 изображена модель передней части трактора (на рисунке 1 блок *fordermassa*). Передняя часть моделируется как твердое тело *fordermassa*, к которому посредством шарниров *radlager* и *radlager1*, моделирующими подшипники правого и левого колес, присоединены правое *rad\_vr* и левое *rad\_vl* колёса. Шарниры допускают одну степень свободы для колеса относительно трактора – вращение относительно его продольной оси. Для описания взаимодействия пневматических колёс с опорной поверхностью применяется модель шины, основанная на применении «магической» формулы профессора Пасейки.

Модель шины описывает действующие в контакте с опорной поверхностью силы и моменты. Входными параметрами модели являются кинематические характеристики обода колеса – координаты центра масс колеса, проекции линейной и угловой скорости на инерциальные координатные оси и подвижные оси, связанные с ободом колеса. Величины проекций сил и моментов на оси определяются по величине продольного и боково-

го проскальзывания колеса относительно опорной поверхности, расчёт которых основан на входных кинематических параметрах модели, которые в процессе моделирования «поставляет» модель трактора.

Большим достоинством представленной модели является то, что она позволяет определять как кинематические характеристики тел, входящих в состав модели, так и величины сил взаимодействия между ними. Это позволяет оценить уровень нагруженности отдельных узлов трактора при его работе на различных технологических операциях и произвести при необходимости конструктивные изменения. Следует отметить, что модели, описание которых основано на применении уравнений Лагранжа 2 рода, не позволяет определять внутренние усилия между отдельными составными частями, что является их существенным недостатком.

На рисунке 3 изображена траектория движения центра масс передней части трактора K-701. Моделировалось движение с постоянным углом слома рамы, равным 0,5 радиан. Вход в поворот осуществлялся с начальной скоростью 10 м/сек, движение происходит по инерции, без действия крутящего момента на колёсах. Результирующим движением центра масс является по истечении некоторого промежутка времени движение по окружности постоянного радиуса.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

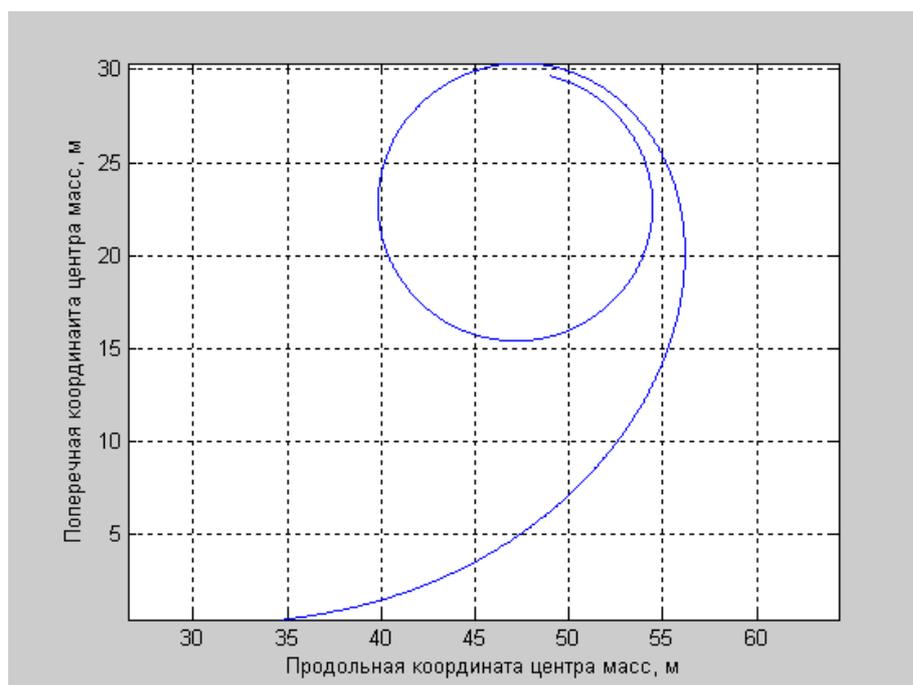


Рисунок 3 – Траектория движения центра масс передней части трактора К-701

На рисунках 4 и 5 представлены зависимости скорости движения центра масс передней части трактора в инерциальной системе отсчёта от времени движения на повороте. Следует отметить, что продольная и поперечная составляющие скорости изменя-

ются по закону, близкому к гармоническому. С течением времени происходит их уменьшение, что вызвано замедляющим действием боковых сил при уводе колёс трактора. Полная скорость центра масс изменяется по аperiodическому закону.

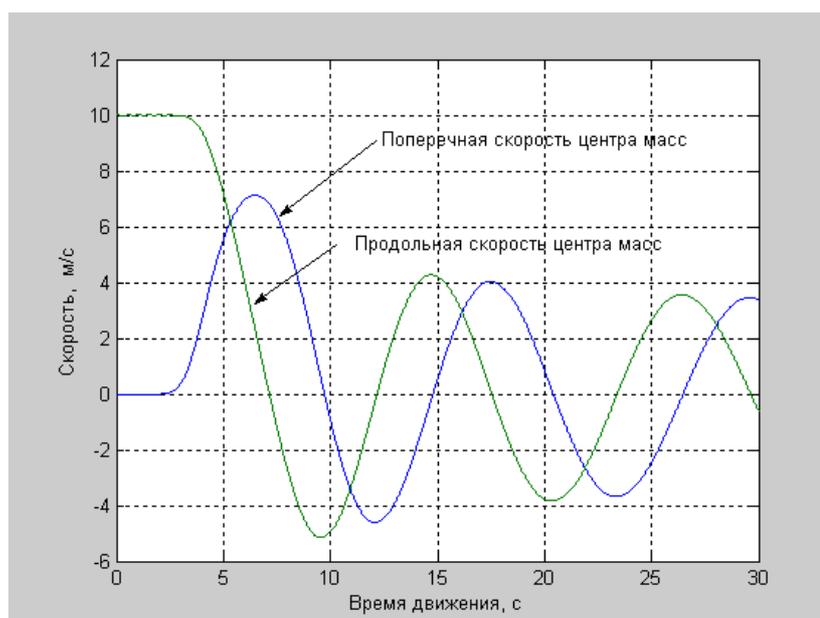


Рисунок 4 – Изменение составляющих скорости центра масс при движении на повороте

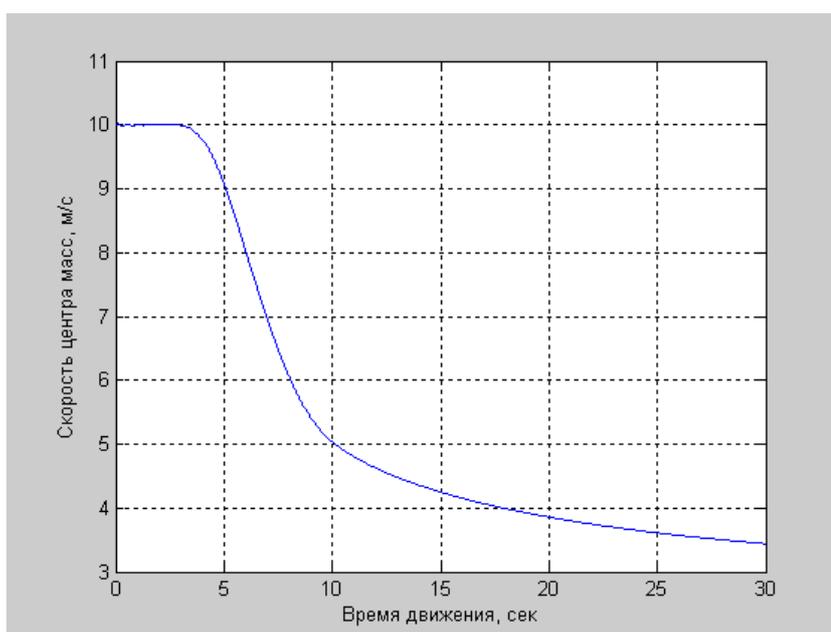


Рисунок 5 –Зависимость скорости движения центра масс передней части трактора от времени движения на повороте