

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С СЕЛЬХОЗМАШИНАМИ И ОРУДИЯМИ

А.Н. Площаднов, И.В. Курсов, Э.С. Маршалов

В статье предложен способ преобразования расчетной схемы шарнирного четырехзвенника навесной системы трактора к эквивалентной, представляющей собой расчетную схему прицепной машины с упругим элементом в шарнире.

Траектория движения машинно-тракторного агрегата и его кинематические параметры определяются характером воздействия водителя на органы управления, силовыми факторами, возникающими на рабочих органах сельскохозяйственных машин и орудий, входящих в состав машинно-тракторного агрегата и на элементах движителя энергетического средства (трактора). Существует вполне определенная связь между координатами характерных точек энергетического средства (как правило, серединами передней и задней осей) и координатами рабочих органов, которые в процессе движения машинно-тракторного агрегата поддерживаются кинематическими связями в виде элементов навески, несущих конструкций, трактора, сельскохозяйственных машин и орудий, подвеской рабочих органов и т.д.

В свою очередь, силовые факторы, возникающие при взаимодействии рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий с почвой зависят от кинематических параметров – скорости движения в почвенной среде, направления движения рабочих органов, а также от глубины обработки [1], которые определяются траекторией движения машинно-тракторного агрегата и взаимосвязью между энергетическим средством и агрегатируемыми машинами и орудиями..

Следовательно, для изучения управляемого движения машинно-тракторного агрегата необходимо установить точную связь между координатами энергетического средства и координатами рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий.

При использовании в агрегатах задне-навесных орудий возможен вариант соединения допускающий относительные угловые перемещения нижних тяг заднего навесного устройства в горизонтальной плоскости.

При фронтальном агрегатировании, когда рабочие органы сельскохозяйственных машин и орудий находятся перед энергетическим средством, вопросы управляемости приобретают особое значение. В процессе научно-исследовательских работ, проводимых на кафедре «Транспортно-технологические комплексы» Рубцовского индустриального института было установлено, что при фронтальном агрегатировании культиватора для междурядной обработки сахарной свеклы управляемость машинно-тракторного агрегата улучшается при соединении, допускающем угловые колебания в процессе управляемого движения рамы сельскохозяйственного орудия относительно энергетического средства [3] за счет соединения с помощью шарнирного четырехзвенника.

При моделировании движения машинно-тракторного агрегата отклонения навесных орудий принято считать малыми [2]. При этом модель навешенного орудия заменяется моделью прицепа с точкой прицепа, совпадающей с точкой начального положения мгновенного центра вращения. Однако более тщательный анализ кинематики навесных устройств тракторов показывает, что даже незначительные отклонения навешенного орудия приводят к существенному смещению мгновенного центра вращения относительно оси трактора.

Учет поперечных смещений мгновенного центра вращения позволил бы уточнить математическую модель машинно-тракторного агрегата, а также определить оптимальные параметры элементов соединения энергетического средства и сельскохозяйственных машин и орудий (длину нижних тяг, их наклон в горизонтальной плоскости, расстояния между точками соединения и т.п.), исходя из возможности снижения негативно влияющих на устойчивость и управляемость машинно-тракторного агрегата силовых факторов, передаваемых от рабочих органов энергетическому средству.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
С СЕЛЬХОЗМАШИНАМИ И ОРУДИЯМИ

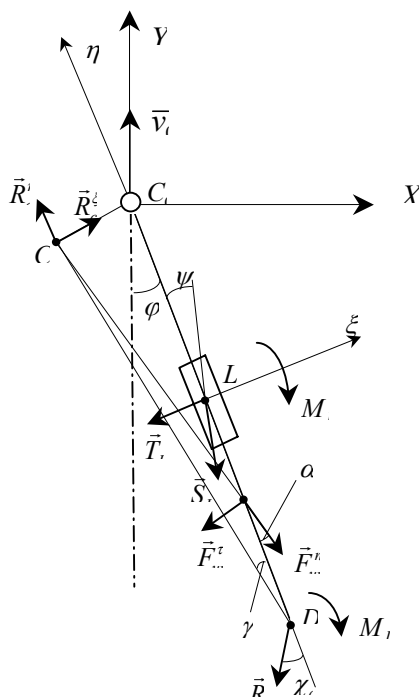


Рисунок 1. Схема сил, действующих в текущем положении на навешенное орудие, закрепленное с помощью задненавесного устройства со сходящимися нижними тягами

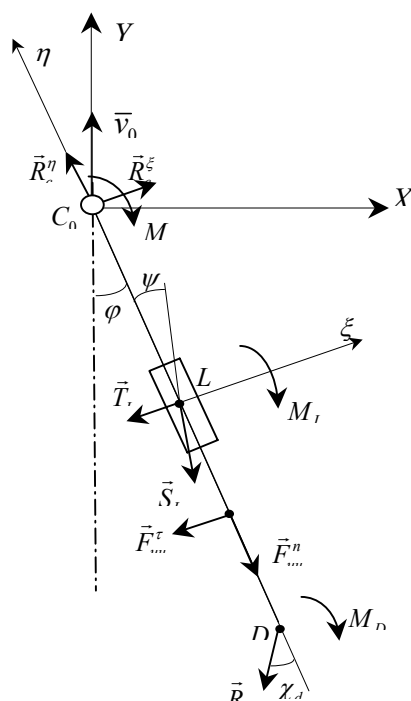


Рисунок 2. Эквивалентная схема сил, действующих в текущем положении на навешенное орудие, закрепленное с помощью задненавесного устройства со сходящимися тягами

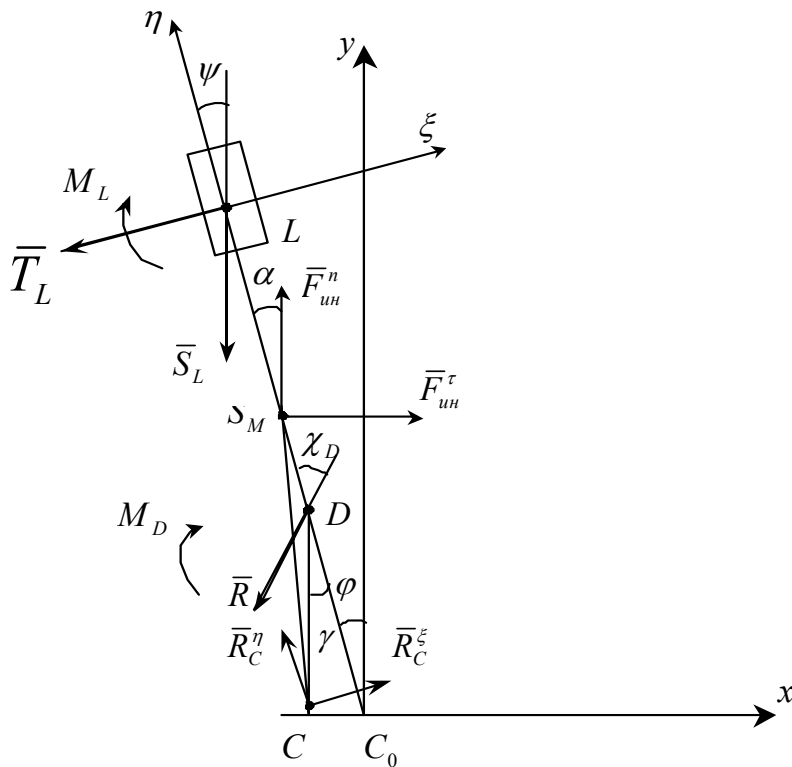


Рисунок 3. Схема сил, действующих в текущем положении на навешенное орудие, закрепленное с помощью задненавесного устройства с расходящимися нижними тягами

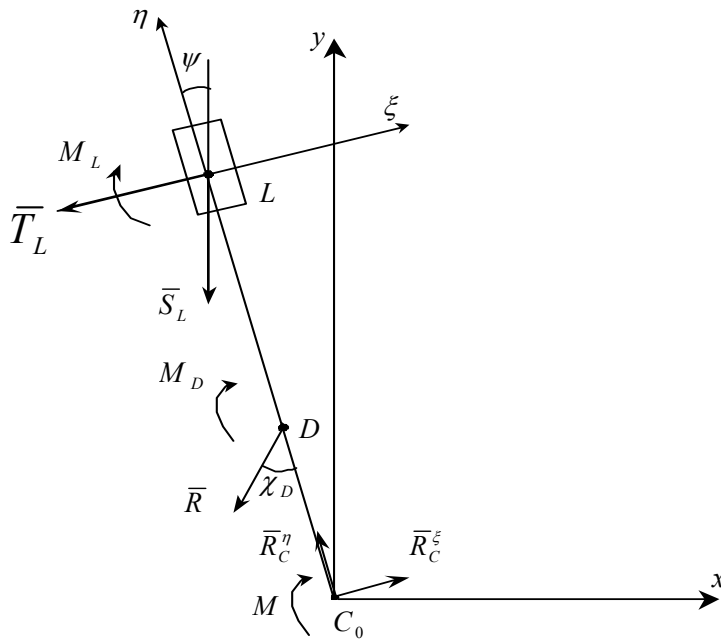


Рисунок 4. Эквивалентная система сил, действующих в текущем положении на навешенное орудие, закрепленное с помощью задненавесного устройства с расходящимися нижними тягами

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
С СЕЛЬХОЗМАШИНАМИ И ОРУДИЯМИ

Рассмотрим движение в горизонтальной плоскости симметричной одноосной навесной машины, закрепленной с помощью задне-навесного устройства со сходящимися нижними тягами (рисунок 1). Движение точки прицепа C_0 будем считать прямолинейным и равномерным с постоянной скоростью v_0 . На рисунке обозначены: $C_0L = L$ - расстояние от точки прицепа до оси колес; φ - угол отклонения плоскости симметрии $L\eta$ машины от равновесного положения; Ψ - угловая деформация шины; $CD = d$ - расстояние от точки прицепа до центра сопротивления D рабочих органов; χ_d - угол отклонения главного вектора сил сопротивления почвы от оси симметрии; $C_0S_M = h$ - расстояние от точки прицепа до центра тяжести сельскохозяйственного орудия

В процессе движения орудия на него действуют упругие реакции опорной поверхности T_L , M_L ; сопротивление рабочих органов R , M_D ; а также сила сопротивления перекачиванию колес S_L и силы реакции трактора R_C^η , R_C^ξ .

При отклонении рамы орудия от оси трактора мгновенный центр вращения перемещается из C_0 в C , описывая дугу C_0C неподвижной относительно рамы трактора циклоиды. При малых угловых смещениях рамы приняты следующие допущения [2]: угол φ равен угловому отклонению рамы (т.е. «дышло» C_0D перпендикулярно раме орудия); подвижную и неподвижную циклоиды заменяем окружностями с постоянными радиусами.

По расчетной схеме на рисунке 1 составим уравнения кинестатики:

$$\begin{cases} \sum F_\eta = R_C^\eta - mh\ddot{\varphi} & \alpha - R - S_L - m\dot{\varphi}^2 h = 0; \\ \sum F_\xi = R_C^\xi - mh\ddot{\varphi} & -R\chi_D - S_L\Psi + mh\dot{\varphi}^2\alpha - T_L = 0; \\ \sum M_{C_0} = -I_{S_M}\ddot{\varphi} - R\chi_D d - S_L\Psi l + m\dot{\varphi}^2 & h^2\alpha - R_C^\eta\gamma d - \\ & -mh^2\ddot{\varphi} - M_L - M_D - T_L l = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Пренебрегая величинами малого порядка, получим следующую систему уравнений

$$\begin{cases} R_C^\eta = R + S_L; \\ R_C^\xi - mh\ddot{\varphi} & -R\chi_D - S_L\Psi - T_L = 0; \\ -(I_{S_M} + mh^2)\ddot{\varphi} - R\chi_D d - S_L\Psi l - R_C^\eta\gamma d - M_L - M_D - T_L l = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Выражение $R_C^\eta\gamma d$ представляет собой реактивный момент, передаваемый от трактора к элементам навесного устройст-

ва. Учитывая то, что величины R_C^η и γ постоянны, причем, угол γ пропорционален углу φ [2], выразим реактивный момент как

$$M = (R + S_L)W_c\varphi, \quad (3)$$

где W_c - коэффициент, учитывающий конструктивные параметры навесной системы (угол наклона и длину нижних тяг навески).

$$W_c = \frac{\rho_1\rho_2}{\rho_2 - \rho_1} = -\frac{0,25t^2 - 0,5lt\sin\alpha}{l\sin 2\alpha\sin\alpha}, \quad (4)$$

где ρ_1 - радиус кривизны неподвижной центроиды вблизи ее начальной точки;

$$\rho_1 = -\frac{0,5t - l\sin\alpha}{\sin 2\alpha}; \quad (5)$$

ρ_2 - радиус кривизны подвижной центроиды вблизи ее начальной точки;

$$\rho_2 = -\frac{0,5t}{\sin 2\alpha}; \quad (6)$$

t - длина шатуна; α - угол наклона нижней тяги; l - длина нижней тяги навески.

Анализ системы уравнений (2) позволяет сделать вывод о возможности замены расчетной схемы навесной машины (рисунок 1) на эквивалентную, представляющую собой расчетную схему прицепной машины с упругим элементом в шарнире (рисунок 2). Причем, момент, возникающий при деформации упругого элемента равен реактивному моменту, приложенному от трактора, и направлен против углового отклонения φ , т.е. стремится вернуть орудие в равновесное положение.

Предложенная расчетная схема обладает достаточной универсальностью, поскольку позволяет моделировать навесные системы как с расходящимися, так и со сходящимися нижними тягами.

Рассмотрим, как изменение способа навешивания влияет на коэффициент W . Укажем силы, действующие на движущуюся в горизонтальной плоскости симметричную навесную машину, закрепленную с помощью задненавесного устройства с расходящимися тягами (рисунок 3). Заменяем полученную расчетную схему на эквивалентную (рисунок 4) и определим значение W_p . Используя основные соотношения [2] получим

$$\rho_1 = \frac{0,5t + l\sin\alpha}{\sin 2\alpha}, \quad (7)$$

$$\rho_2 = \frac{0,5t}{\sin 2\alpha} \quad (8)$$

Тогда

$$W_p = -\frac{0,25t^2 + 0,5lt \sin \alpha}{l \sin 2\alpha \sin \alpha}$$

Используя формулы (4), (9) и соотношение (10)

$$d = \frac{t}{2 \operatorname{tg} \alpha},$$

определим зависимость между W и d при различных углах α и постоянных длине тяг l и шатуна t . Удобнее представить эту зависимость графически (рисунок 5). В качестве примера выбраны параметры навесного устройства трактора класса 0,6.

Из графиков видно, что при одних и тех же значениях d значение W для навесного устройства с расходящимися тягами больше, чем со сходящимися, т.е. больше и величина реактивного момента, стремящегося вернуть орудие в равновесное положение. Однако оценить влияние

того или иного способа навешивания на качество движения орудия можно только лишь на основе анализа коэффициентов дифференциального уравнения колебательного движения орудия, которые зависят от параметров навесной системы, в том числе от d и W .

Таким образом, как при использовании задней навески, так и при фронтальном агрегатировании, замена в математических моделях шарнирного четырехзвенника прицепным устройством с упругим элементом в шарнире позволит решать некоторые задачи управляемого движения машинно-тракторного агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гячев Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов. - М.: Машиностроение, 1981.- 206 с.
2. Гячев Л.В. Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов. Изд-во Ростовского ун-та, 1976.-192с.
- 3 Пат. № 2169999 RU, 7 А 01 В 59/041. Фронтальная навеска трактора // А.Н. Площаднов и др. Оpubл. 10.07.2001. Бюл. № 19. - 3 с.

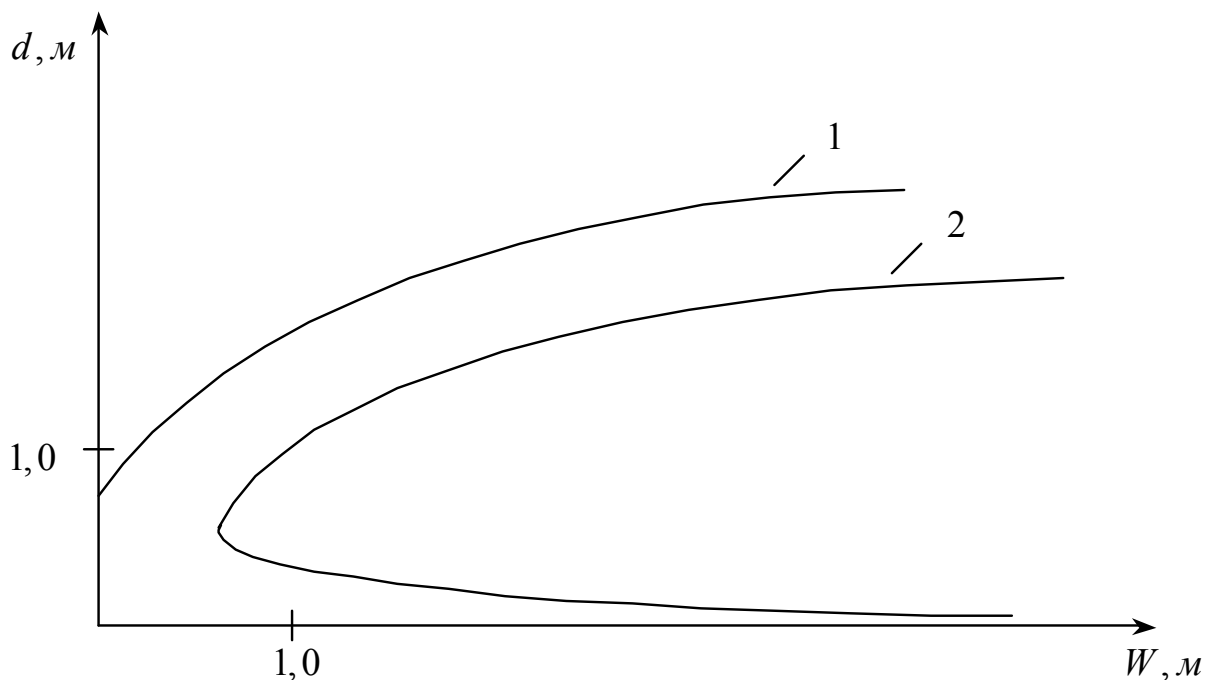


Рисунок 5. Зависимость между d и W навесного устройства трактора тягового класса 0,6: 1- навесное устройство со сходящимися тягами; 2- навесное устройство с расходящимися тягами