

игольчатой бороны имеет более благоприятную для прорастания семян структуру, так как в нем больше фракций размером от 0,25 до 10,1 мм, а так же меньшего разрушения структуры почвы.

Таким образом, полученные агротехнические показатели работы комбинированной игольчатой бороны с применением радиально закрепленными на дисках иглами показали, что применение её на предпосевной поверхностной обработке почвы под посев мелкосеменных культур эффективно, в связи с чем использование её целесообразно как при модернизации существующих, так и при создании новых почвообрабатывающих агрегатов.

Библиографический список

1. Пономарев, А.В. Параметры ротационной бороны для поверхностной обработки почвы в приствольных зонах плодовых деревьев: автореф. Дис. ... канд. техн. наук. – зерноград, 2018. – 18с.
2. Кондрашов, В.А. Исследование работы игольчатой бороны при движении по почве / В.А. Кондрашов, М.М. Ковалев, Г.А. Перов // Агротехника и энергообеспечение. – № 3. – 2018. – С.107-115.
3. Патент №189847 Российская Федерация, МПК А01В 21/04 (2006.01). Игольчатая борона / Ковалев М.М., Ростовцев Р.А., Кондрашов В.А., Сизов И.В., Прокофьев С.В., Перов Г.А. – заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНЦ ЛК. – № 2019101955/13; заявл. 30.02.2019; опубл. 06.06.2019, Бюл. №16-3с.
4. ГОСТ 33687-2015. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, – 2016. – 41 с.
5. Кулаичев, А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. 4-е изд., перераб. и доп. / А.П. Кулаичев. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2006. – 512с.

УДК 631.363

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ РЕАКЦИЕЙ НА ОПОРНОМ КОЛЕСЕ ПЛУГА И ПАРАМЕТРАМИ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА С/Х ТРАКТОРА

Попов Виктор Борисович, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, Учреждение образования Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

***Аннотация:** Разработано формализованное описание функциональной взаимосвязи между реакцией на опорном колесе навесного плуга и некоторыми параметрами подъемно-навесного устройства сельскохозяйственного трактора. По полученным результатам в зависимости от требуемой реакции на опорном колесе определяются внутренние параметры подъемно-навесного устройства.*

***Ключевые слова:** сельскохозяйственный трактор, подъемно-навесное устройство, опорное колесо плуга, гидроцилиндр, механизм навески.*

Известно, что расположение МЦВ навесного плуга (НП) в продольно-вертикальной плоскости оказывает влияние на способность его рабочих органов к самоаглобулению в почву [1, 2]. Поэтому его положение выбирают так, чтобы момент, создаваемый внешними силами (относительно этой точки), при любых условиях работы МТА имел положительное значение.

МЦВ НП находится на пересечении линий, являющихся продолжением верхней и нижней тяг механизма навески (МН) трактора (рис. 1). Полюс МЦВ – P в системе координат, связанной с задним колесом трактора получим проведя лучи через L_7, L_{56} – тяги МН.

Используем уравнения прямых, проходящих через верхнюю и нижние тяги внешнего четырехзвенника МН.

$$\frac{(X_P - X_{07})}{(X_{67} - X_{07})} = \frac{(Y_P - Y_{07})}{(Y_{67} - Y_{07})}, \quad \frac{(X_P - X_{05})}{(X_{56} - X_{05})} = \frac{(Y_P - Y_{05})}{(Y_{56} - Y_{05})}.$$

Совместное решение этих уравнений однозначно определяет полюс МЦВ в правой декартовой с.к. XOY в зависимости от положения неподвижных и подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН:

$$X_P = \frac{(Y_{56}X_{05} - Y_{05}X_{56})(X_{07} - X_{67}) - (X_{05} - X_{56})(Y_{67}X_{07} - Y_{07}X_{67})}{(Y_{07} - X_{67})(X_{05} - X_{56}) - (X_{07} - X_{67})(Y_{05} - Y_{56})}; \quad (1)$$

$$Y_P = X_P \frac{Y_{56} - Y_{05}}{X_{56} - X_{05}} + \frac{Y_{05}X_{56} - X_{05}Y_{56}}{X_{56} - X_{05}}. \quad (2)$$

Координаты подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН определяются по результатам геометрического анализа кинематической цепи, объединяющей плоские аналоги МН и плуга [3].

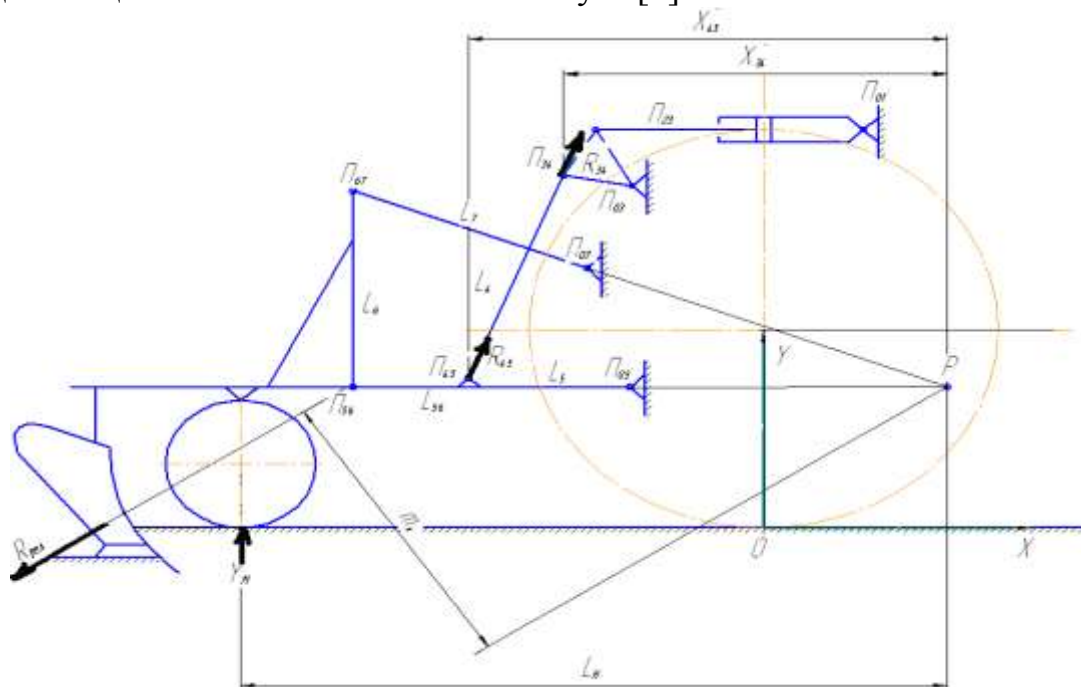


Рисунок 1 – Схема навесного плуга с механизмом навески подъемно-навесного устройства трактора

Вышеупомянутые координаты МЦВ должны соответствовать текущему рабочему положению оси подвеса (L_{56}) МН. Следует отметить, что вертикальные колебания НП непосредственно влияют на текущее положение оси подвеса.

Координаты подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН определяются по результатам геометрического анализа кинематической цепи, объединяющей плоские аналоги МН и плуга [3]. Вышеупомянутые координаты МЦВ должны соответствовать текущему рабочему положению оси подвеса (L_{56}) МН. Следует отметить, что вертикальные колебания НП непосредственно влияют на положение оси подвеса.

Далее здесь рассматривается установившееся горизонтальное движение МТА. Использование в составе пахотных МТА навесных машин и орудий ведет к перераспределению нормальных реакций опорной поверхности на колеса сельскохозяйственного трактора.

Нормальная реакция почвы на опорное колесо навесного плуга (НП) обычно определяется графоаналитически [1], используя уравнения моментов вокруг МЦВ звена L_6 , имитирующего НП:

$$R_{pez} \cdot m_n = Y_m \cdot L_n \quad \text{откуда} \quad Y_m = \frac{R_{pez} \cdot m_n}{L_n}$$

Здесь плечо m_n силы R_{pez} определяем, используя правила аналитической геометрии. Зная координаты точки (x_0, y_0) приложения силы R_{pez} и угол направления её действия – θ , определяем минимальное расстояние до эквидистантной линии, проходящей через полюс P .

$$m_n = \frac{|ax + by + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3)$$

Здесь $ax + by + c$ эквивалентно выражению $y = k \cdot (x - x_0) + y_0$.

где $a = k = \text{arctg}\theta$, $b = -1$, $c = y_0 - kx_0$

Из рисунка 1 видно, что $L_n = |X_p| + X_m$, где X_m - горизонтальная координата опорного колеса.

В результате реакция на колесе НП – Y_m пропорциональная результирующему моменту ($M_{pez} = R_{pez} \cdot m_n$) и обратно пропорциональная L_n полностью рассчитывается аналитически.

Подъемно-навесным устройством (ПНУ) с/х трактора можно управлять через его гидропривод, а точнее, через рабочий гидроцилиндр, с помощью которого теоретически возможно сформировать на опорном колесе нулевую реакцию. Тогда вес НП и реакция почвы на опорное колесо полностью передаются на трактор [1] и представляет интерес аналитическое определение приведенной к гидроцилиндру нагрузки (силы).

Здесь со стороны раскоса компоненты силы R_{45}^y и R_{45}^x действуют на нижнюю тягу (тяги) на плече $X'_{45} = X_{45} + |X_p|$ и на плече $Y'_{45} = Y_{45} + |Y_p|$ соответственно. Считаем заданную глубину вспашки постоянной. Тогда из

условия статического равновесия механической системы составим уравнение моментов относительно полюса МЦВ.

$$R_{pez} \cdot m_n - Y_m \cdot L_n - R_{45}^y \cdot X'_{45} + R_{45}^x \cdot Y'_{45} = 0 \quad (4)$$

при этом $R_{45}^y = R_{45} \cdot \cos \varphi_4$ и $R_{45}^x = R_{45} \cdot \sin \varphi_4$ (5)

где φ_4 – угол, характеризующий направление звена L_4 – раскоса.

Из выражения (4) следует, что, если

$$R_{pez} \cdot m_n = R_{45}^y \cdot X'_{45} - R_{45}^x \cdot Y'_{45} \quad (6)$$

то $Y_m \cdot L_n = 0$ и, следовательно, реакция на опорном колесе равна нулю.

Подставим выражения (5) в правую часть выражения (6)

$$R_{45}^y \cdot X'_{45} - R_{45}^x \cdot Y'_{45} = R_{45} \cdot (X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4)$$

В результате определим модуль силы, действующей со стороны раскоса на нижнюю тягу МН, достаточный для обеспечения нулевой реакции на опорном колесе НП.

$$R_{45} = \frac{R_{pez} \cdot m_n}{X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4} \quad (7)$$

Далее следует отметить, что сила, действующая со стороны поворотного рычага на раскос по величине и направлению равна силе, действующей со стороны раскоса на нижнюю тягу, $\vec{R}_{34} = \vec{R}_{45}$. По аналогии с R_{45} определяем R_{34} .

$$R_{45} \cdot (X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4) = R_{34} \cdot (X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34})$$

$$R_{34} = R_{45} \cdot \frac{X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4}{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}} = R_{45} \cdot K_{45}$$

На основании того, что силы R_{34} и R_{23} входят в состав одного крутящего момента на поворотном рычаге МН можно составить уравнение:

$$R_{34} \cdot (X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}) = R_{23} \cdot (X'_{23} \cdot \cos \varphi_3 - Y'_{23} \cdot \sin \varphi_3), \text{ откуда}$$

$$R_{23} = R_{34} \cdot \frac{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}}{X'_{23} \cdot \cos \varphi_3 - Y'_{23} \cdot \sin \varphi_3} = R_{34} \cdot K_{34}$$

Подставляя вместо R_{34} его развернутое выражение, получим аналитическое выражение для приведенной к штоку гидроцилиндра нагрузки:

$$R_{23} = R_{45} \cdot \frac{X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4}{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}} \cdot \frac{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}}{X'_{23} \cdot \cos \varphi_3 - Y'_{23} \cdot \sin \varphi_3}$$

Приведенная к штоку гидроцилиндра нагрузка компенсируется развиваемым на штоке гидроцилиндра противодействием, равным произведению давления рабочей жидкости на площадь поршня ($p_{cy} \cdot F_{cy}$) со стороны напорной гидромагистрали. В результате имеем:

$$p_{cy} = \frac{R_{45}}{F_{cy}} \cdot K_{34} \cdot K_{45} \quad \text{или} \quad p_{cy} = \frac{R_{pez} \cdot m_n}{F_{cy} \cdot (X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4)} \cdot K_{34} \cdot K_{45}$$

Углы $\varphi_4, \varphi_{34}, \varphi_3$, характеризующие положение соответствующих звеньев МН, определяем из результатов геометрического анализа [3].

Регулируя напорное давление в гидроцилиндре, мы корректируем реакцию на опорном колесе.

Библиографический список

1. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства - учебники для студентов высш. учеб. заведений / Г.М. Кутьков – М.: КолосС, 2004. – 504 с.: ил.
2. Шарипов, В.М. Тракторы и автомобили: Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности “Автомобиле - и тракторостроение” / В.М. Шарипов, М.К. Бирюков, Ю.В. Дементьев [и др.], под общей ред. В.М. Шарипова – М.: издательский дом “Спектр”, 2010. – 351 с. ил.
3. Попов, В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно–навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов // Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 2011 г. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск, 2011. – т.1., – С. 169-176.

УДК 631.3-52

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА КОЛЕСАХ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Попов Виктор Борисович, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, Учреждение образования Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

Аннотация: *Представлена методика расчета сил инерции, сосредоточенных в центрах тяжести: МТА, навесного плуга и балласта. Силы инерции перераспределяют нагрузку на колеса пахотного агрегата в процессе транспортного переезда и могут спровоцировать потерю управляемости МТА и превышение допустимой грузоподъемности шин.*

Ключевые слова: *пахотный агрегат, управляемость, балласт, максимальный вес агрегата, грузоподъемность шин.*

Во время транспортного переезда машинно-тракторный агрегат (МТА), состоящий из сельскохозяйственного трактора и поднятого задненавесного плуга (рис. 1), колеблется в результате кинематического возбуждения, поступающего со стороны опорной поверхности. Обеспечение управляемости МТА, при динамическом перераспределении нагрузки на мостах трактора, связано с расчетом переменных сил инерции, сосредоточенных в характерных точках МТА.

Схема динамической модели МТА представленная на рис.1, сформирована для случая, когда колебания осей заднего и переднего мостов трактора можно считать несвязанными [1, 2], поскольку значение коэффициента распределения масс ε находится в пределах $0.8 \leq \varepsilon \leq 1.2$.

За обобщенные координаты принимаем вертикальные перемещения центра масс z_0 и угловые перемещения остова α трактора: Обобщенные координаты