

ную машину. В течение года энергомодуль можно агрегатировать поочередно с сельскохозяйственными машинами (технологическими модулями различного назначения).

На примере совхоза "Ждановичский тепличный комбинат" анализировались технико-экономические показатели выполнения технологических операций как серийными, так и предлагаемыми агрегатами модульного типа (табл. 1). Из таблицы видно, что при выполнении операций погрузки и перевозки сменная норма выработки агрегатов на базе энергомодуля значительно выше, чем у существующих в настоящее время агрегатов. Этот факт объясняется увеличением объема перевозимых за каждый рейс растительных остатков с помощью предлагаемого агрегата. Такие показатели невозможны при работе самоходного шасси Т-16М вследствие того, что грузовая платформа находится спереди. В итоге суммарные затраты на выполнение технологических операций агрегатом на базе энергетического модуля значительно ниже. Предлагаемый способ составления агрегатов позволит на базе одного энергомодуля компоновать все требуемые агрегаты для выполнения сельскохозяйственных операций в защищенном грунте. Это будет способствовать увеличению степени загрузки энергетической части и, следовательно, — снижению затрат на возделывание сельскохозяйственных культур.

УДК 631.372–78

В.П.ЗАРЕЦКИЙ (БПИ)

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА К ОПРОКИДЫВАНИЮ НА СКЛОНЕ

Устойчивость машинно-тракторного агрегата (МТА) к опрокидыванию определяется устойчивостью его составных частей, с учетом их взаимовлияния. Если при работе трактора с навесными машинами устойчивость агрегата определяется устойчивостью трактора, то устойчивость МТА, включающего прицепные машины, зависит от устойчивости как трактора, так и машины, с учетом их взаимодействия в различных ситуациях.

При работе на склоне транспортное средство имеет определенный запас поперечной устойчивости к опрокидыванию, который зависит от крутизны склона; направления и характера движения; профиля и физико-механических свойств опорной поверхности; конструкции транспортного средства и его реакции на внешние воздействия. С увеличением угла поперечного склона запас устойчивости транспортных средств различной конструкции (например, со стабилизацией остова и без стабилизации) изменяется по-разному. Так, у горного трактора или полуприцепа со стабилизацией [1, 2] он уменьшается менее интенсивно, чем у низкоклиренсного трактора и полуприцепа с уширенной колеей.

Ось опрокидывания стабилизируемых транспортных средств изменяет свое положение в пространстве по сложному закону. При этом на поперечную

устойчивость транспортных средств влияет наличие продольного крена, в результате чего существующие методы [3,4] не позволяют исследовать изменение запаса их статической поперечной устойчивости на склоне.

Исследование статической устойчивости транспортных средств различных конструкций на склоне и их сравнение целесообразно осуществлять по углу запаса поперечной устойчивости. Он определяется как угол между перпендикуляром, опущенным из центра тяжести на ось опрокидывания, и проекцией F_1 результирующих всех сил, приложенных к центру тяжести, на плоскость, которая перпендикулярна оси опрокидывания.

Угол запаса транспортного средства, например полуприцепа, произвольно расположенного на склоне (рис. 1), определится как

$$\gamma_3 = \arccos \frac{m_1(X_M - X_A) + n_1(Y_M - Y_A) + p_1(z_M - z_A)}{l_1 \sqrt{m_1^2 + n_1^2 + p_1^2}}, \quad (1)$$

где $l_1 = \sqrt{(X_M - X_A)^2 + (Y_M - Y_A)^2 + (Z_M - Z_A)^2}$; m_1, n_1, p_1 — направляющие коэффициенты проекции F_1 . Направляющие коэффициенты

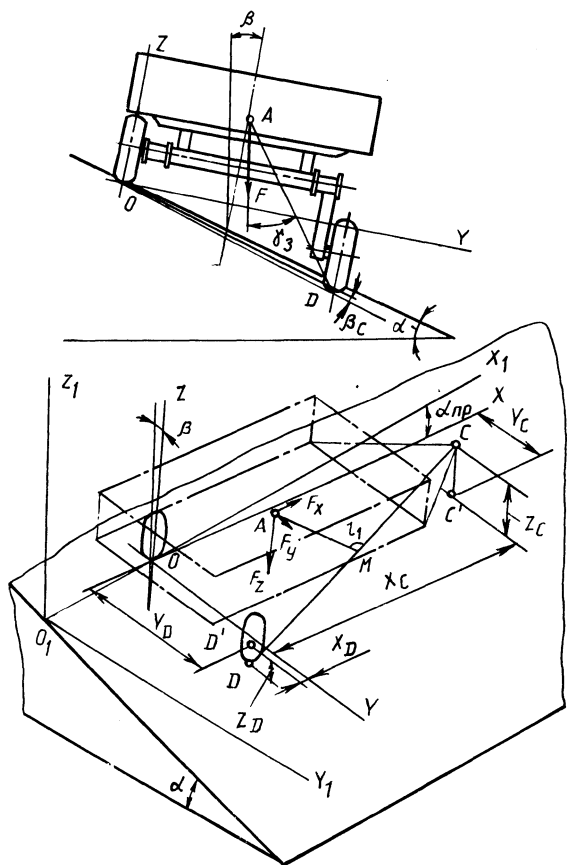


Рис. 1. Схема для определения угла запаса поперечной устойчивости транспортного средства на склоне:

β — угол поперечного; α_{np} — угол продольного крена транспортного средства; β_c — угол крена транспортного средства от разности суммарных деформаций шины и почвы у нижнего и верхнего по склону колес.

найдем из условий перпендикулярности прямой CD и проекции результирующей; принадлежности двух прямых одной плоскости и выражения для определения угла между результирующей и ее проекцией на плоскость, перпендикулярную прямой CD :

$$\begin{aligned} m_1(X_D - X_C) + n_1(Y_D - Y_C) + p_1(Z_D - Z_C) &= 0; \\ m_1^2 + n_1^2 + p_1^2 - (F_X^2 + F_Y^2 + F_Z^2)\cos^2\theta_p &= 0; \\ F_X[n_1(Z_D - Z_C) - p_1(Y_D - Y_C)] + F_Y[p_1(X_D - X_C) - \\ - m_1(Z_D - Z_C)] + F_Z[m_1(Y_D - Y_C) - n_1(X_D - X_C)] &= 0. \end{aligned}$$

В результате решения системы уравнений получим:

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{(F_X^2 + F_Y^2 + F_Z^2)\cos^2\theta_p}{1 + A_1^2 + A_2^2}};$$

$$n_1 = m_1 A_1;$$

$$p_1 = \{n_1[F_X(Z_D - Z_C) - F_Z(X_D - X_C)] + m_1[F_Z(Y_D - Y_C) - F_Y(Z_D - Z_C)]\} / [F_X(Y_D - Y_C) - F_Y(X_D - X_C)],$$

где

$$\begin{aligned} A_1 &= -\{(X_D - X_C)[F_X(Y_D - Y_C) - F_Y(X_D - X_C)] + \\ &+ (Z_D - Z_C)[F_Z(Y_D - Y_C) - F_Y(Z_D - Z_C)]\} / \{(Y_D - Y_C)[F_X(Y_D - \\ &- Y_C) - F_Y(X_D - X_C)] + (Z_D - Z_C)[F_X(Z_D - Z_C) - F_Z(X_D - X_C)]\}; \\ A_2 &= \{A_1[F_X(Z_D - Z_C) - F_Z(X_D - X_C)] + F_Z(Y_D - Y_C) - F_Y(Z_D - \\ &- Z_C)\} / [F_X(Y_D - Y_C) - F_Y(X_D - X_C)]. \end{aligned}$$

Подставляя в формулу (1) направляющие коэффициенты m_1, n_1, p_1 , определим угол запаса поперечной устойчивости транспортного средства в зависимости от модуля, характера воздействия и направления F_X, F_Y, F_Z . Причем X, Y, Z с индексами A, C, D, M являются координатами соответствующих точек, изменение которых в процессе стабилизации зависит от конструкции транспортного средства.

Модуль и направление составляющих F_X, F_Y, F_Z зависят от продольного и поперечного кренов транспортного средства, его функционального назначения, характера движения, динамических воздействий от срабатывания системы стабилизации и преодоления препятствий. Определение этих составляющих при неустановившемся режиме движения транспортного средства дает возможность оценивать и его динамическую устойчивость.

Учет усилий в сцепке позволяет на основании полученных зависимостей исследовать влияние машин и орудий на устойчивость тягача. Причем поперечная устойчивость МТА будет определяться устойчивостью его составной части с меньшим углом запаса.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 996237 (СССР). Устройство для стабилизации крутосклонного транспортного средства/В.В.Гуськов, В. П. Зарецкий, П. В. Зеленый. – Оpubл. в Б.И., 1983, № 6.
2. А.с. 1009816 (СССР). Бортовой редуктор крутосклонного транспортного средства/П.В.Зеленый, В.П. Зарецкий, В. В. Гуськов. – Оpubл. в Б.И., 1983, № 13.
3. Колесные тракторы для работы на склонах/П.А.Амельченко, И.П.Ксенович, В.В.Гуськов, А.И.Якубович. – М., 1978. – 248 с.
4. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов. – М., 1981. – 144 с.

УДК 629.114.2

П.В.ЗЕЛЕНЫЙ, канд.техн.наук
(БПИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ ПЕРЕДНИХ КОЛЕС ТРАКТОРА В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ТРАЕКТОРНОЙ И КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

При выполнении ряда технологических сельскохозяйственных операций машинно-тракторные агрегаты должны обладать повышенной траекторной и курсовой управляемостью. К таким операциям в первую очередь относятся возделывание пропашных культур и операции, связанные с обеспечением движения направляющих колес строго по следу маркера и ориентации продольной оси агрегата в направлении, которое по возможности должно совпадать с рабочими ходами. Высокая устойчивость движения трактора и агрегируемой с ним машины является необходимым условием соблюдения агротехнических требований к качеству сельскохозяйственных технологических процессов.

Современный уровень вычислительной техники позволяет уже на стадии проектирования тракторов, машин и орудий к ним решать сложные задачи по динамике машинно-тракторных агрегатов и прогнозировать технические концепции развития их узлов. В частности, решение математических моделей позволит создать более совершенное рулевое управление, которое обеспечит устойчивое траекторное и курсовое движение агрегата. При этом стремятся к такой степени адекватного отображения реальных процессов, которая достаточна для решения поставленных задач.

Основными параметрами моделирования управляемого поворота передних колес трактора в междурядьях или при движении по следу маркера являются направление, скорость (частота) и угол поворота колес. В качестве исходных параметров необходимо задавать такие, которые воспринимает водитель, в действительности управляя траекторным движением трактора. К таким параметрам относятся направление, расстояние и скорость смещения переднего моста от заданной траектории. Навыки водителя в точностном восприятии этих параметров могут моделироваться с помощью допустимых пределов их изменения. Физические возможности водителя, определяющие время его реагирования, а также время, необходимое для выбора зазоров в рулевом механизме и включения гидроусилителя руля, могут быть учтены в комплексе. Для комплексного учета времени реагирования водителя и выбора зазоров