

РАБОТА ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ТРАКТОРА В ПАХОТНОМ РЕЖИМЕ

Н. С. Селиверстов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель канд. техн. наук, доц. В. Б. Попов

Для определения сил тяги, направленной на преодоление проекции R_x главного вектора элементарных сил сопротивления почвы, академик В. П. Горячкин предложил рациональную формулу, определяющую взаимосвязь между основными факторами рабочего процесса плуга и общим сопротивлением, возникающим при его работе:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = fmg + kabn + \varepsilon abnv^2,$$

где P_1, P_2, P_3 – составляющие силы тяги на трение («мертвое» сопротивление), затрачиваемые на перемещение плуга в открытой борозде, разрушение пласта и его деформацию, а также сообщение пласту суммарной энергии соответственно, Н; f – коэффициент сопротивления плуга при протаскивании его в борозде, аналогичный коэффициенту трения; m – масса плуга, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; a, b – размеры пласта, м; k – коэффициент удельного сопротивления почвы, Па; n – количество корпусов; ε – безразмерный коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы; v – поступательная скорость плуга, м/с.

Составляющая $P_3 = P_v + P_c + P_h$, где P_v – усилие на сообщение пласту кинетической энергии, Н; P_c – усилие на сообщение энергии вращения сходящему пласту, Н; P_h – усилие на сообщение потенциальной энергии пласту, Н.

Таким образом, коэффициент полезного действия плуга

$$\eta_{пл} = \frac{P - P_1}{P} = \frac{fmg + kabn + \varepsilon abnv^2 - fmg}{fmg + kabn + \varepsilon abnv^2} = \frac{abn(k + \varepsilon v^2)}{fmg + abn(k + mv^2)}$$

определяет полезную долю используемой энергии на деформацию и перемещение почвы ($\eta_{пл} \approx 0,7$).

При работе плуга сопротивление его перемещению передается на трактор.

В настоящее время [1] силы в тягах механизма навески трактора определяют графически из условий равновесия плуга. В этом случае используют метод планов сил, применяемый в кинестатике. Есть возможность определить это аналитически. В этом случае составляются обычные уравнения сил в соответствующих плоскостях проекций.

Ограничимся для примера определением проекций усилий P_v и P_h в верхней НК и нижних DM тягах механизма навески при работе навесного плуга на глубине a (рис. 1).

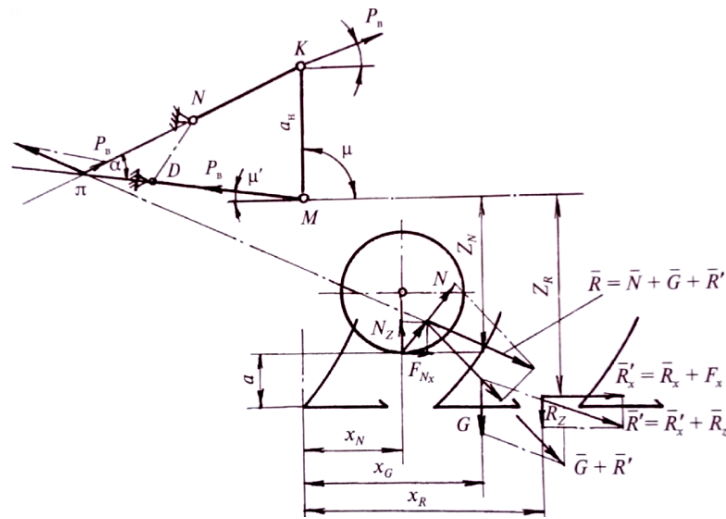


Рис. 1. Анализ действующих сил в системе навесного плуга

В данном случае взаимодействие плуга с почвой характеризуется действием следующих сосредоточенных сил: силы тяжести G , силы сопротивления почвы $R' = R_x' + R_z$, включая и силу F_x трения полевых досок о стенку борозды; реакции N на ободе опорного колеса; суммарного усилия P_n в нижних тягах навески; усилия P_b в верхней тяге.

Условия равновесия в продольно-вертикальной плоскости определяются следующей системой уравнений проекций на оси OX и OZ :

$$P_b \cos \lambda' - P_n \cos \mu' + R_x' + F_{Nx} = 0;$$

$$P_b \sin \lambda' - P_n \sin \mu' + G \pm R_z + N_z = 0,$$

а также моментом сил относительно точки M :

$$P_b a_n \cos \lambda' + G_{xG} \pm N_z X_N - F_{Nx} z_N + R_x' Z_R = 0.$$

Из этих трех уравнений при известных G , R_x' и R_z можно вычислить реакцию N на ободе опорного колеса, а также усилия P_n и P_b в тягах навески трактора.

С учетом того, что у многих навесных плугов углы $\mu = 90^\circ$ и $\mu = 4 \dots 6^\circ$, для практических расчетов принимаем $\cos \mu = 1$; $\sin \mu = 0$.

Тогда

$$\begin{cases} P_b = \frac{G(X_N - X_G) \pm R_z(X_N - X_R) + G f_n z_N + R_x' z_R}{a_n \cos \alpha + X_N \sin \alpha}; \\ P_b = \frac{G(X_N - X_G) \pm R_z(X_N - X_R) + G f_n (a_n + z_N + x_N \operatorname{tg} \alpha) + \frac{R_x' (a_n + z_N + x_N \operatorname{tg} \alpha)}{a_n x_N \operatorname{tg} \alpha}}{a_n x_N \operatorname{tg} \alpha}. \end{cases}$$

Исследованиями установлено, что при $a = 0,17$ м и $v = 1,4$ м/с $N_z = 3,2$ кН, $P_n = 10,3$ кН и $P_b = 10,1$ кН; при $a = 0,15$ м и $v = 2,25$ м/с $N_z = 1,3$, $P_n = 60$ кН и $P_b = 6,4$ кН.

При расчетах значения R'_x , R_z и f_n ($f_n = 0,15-0,20$ – коэффициент перекрытия опорного колеса) принимают обычно: $R'_x = kaB$; $R_z = 0,25 R'_x$, где k – удельное сопротивление почвы; B – ширина захвата плуга.

В горизонтальной плоскости на плуг действует сила R_{xy} , а также составляющие сил трения полевых досок и опорного колеса. Правильным выбором параметров механизма навески обеспечивают равномерное распределение силы сопротивления по тягам.

Рассмотренная система определяет идеализированную статическую модель плуга, где входными воздействиями являются сосредоточенные силы R'_x и R_z а выходными сигналами – усилия P_n и P_b в тягах навески.

Литература

1. Клочков, А. В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет : учеб. пособие / А. В. Клочков, В. Г. Ковалёв, П. М. Новицкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 436 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПОДЪЕМА НАВЕСНОЙ МАШИНЫ

А. В. Чирков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель канд. техн. наук, доц. В. Б. Попов

Математическое моделирование – это средство изучения реального объекта, процесса или системы путем их замены математической моделью, более удобной для экспериментального исследования с помощью ЭВМ [1]–[4].

Математическая модель является приближенным представлением реальных объектов, процессов или систем, выраженным в математических терминах и сохраняющим существенные черты оригинала.

Навесная система состоит из двух основных частей: подъемно-навесного устройства (ПНУ) или механизма навески (МН) и гидросистемы. Навесная система включает собственно МН (комбинацию из одной верхней и двух нижних тяг) и подъемную часть (подъемные рычаги и раскосы, которые передают усилия от силового цилиндра гидропривода нижним тягам).

Навесное устройство – устройство, состоящее из трех тяг (верхней и двух нижних), шарнирно-соединенных передними концами с трактором, а задними концами – с присоединительными элементами навесной машины, через которые трактор передает тяговое усилие на машину, когда она находится в рабочем положении и выполняет сельскохозяйственную технологическую операцию, а также с помощью подъемного механизма производит подъем машины в транспортное положение.

Механизм навески может быть:

1. Одноточечным, когда орудие соединяется с трактором в одной шарнирной точке, перемещаемой по высоте при помощи гидроподъемника. Применяется в основном для соединения полунавесных орудий и полуприцепов (гидрокрюка).

2. Двухточечным, характеризующимся с горизонтальной и вертикальной осями качания. Применяют в основном на гусеничных тракторах, у которых точки крепления МН помещены перед ведущим колесом, что обеспечивает уменьшение угла тяги и устойчивый ход орудия с хорошей приспособляемостью к рельефу, также их при-