

УДК 631.3-52: 631.3.072.2

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ «СИЛЫ НА КРЮКЕ» МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

В.Б. Попов<sup>1</sup>, Г.Г. Кудренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

Работы, связанные с обработкой почвы мобильными энергетическими средствами (МЭС) - тракторами или универсальными энергетическими средствами (рис.1), являются наиболее энергоёмкими тяговыми технологическими операциями. В растениеводстве такой операцией является пахота, представляющая рыхление почвы на глубину 0.20...0.27м с допускаемыми по агротребованиям отклонениями. Важной характеристикой навесного пахотного агрегата является положение мгновенного центра вращения (МЦВ) (рис.1) навесной машины в рабочем режиме [1-3], которое определяют устойчивость хода плуга, характер его заглубления в почву, нагрузку на опорном колесе и перераспределение нагрузки по осям МЭС.

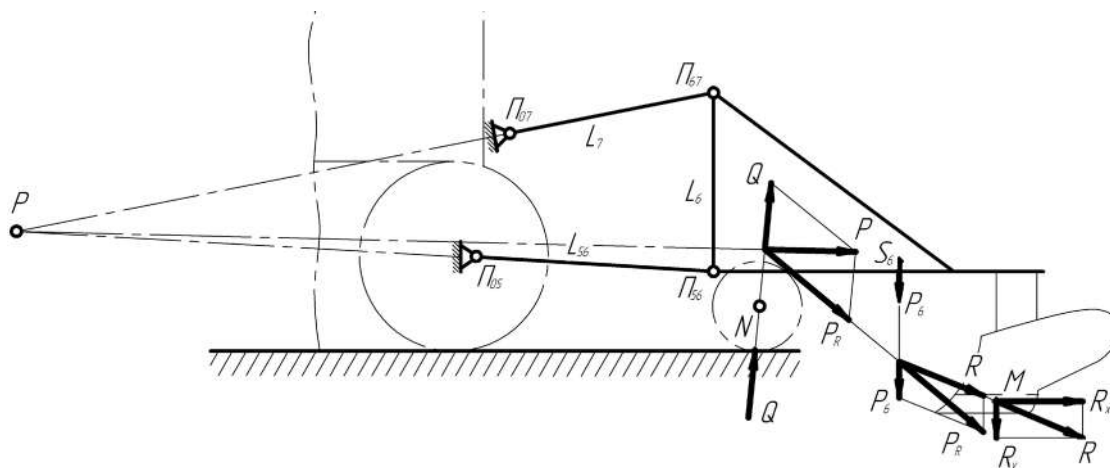


Рис.1 – Схема формирования силы сопротивления плуга

Положение подвижных шарниров  $\Pi_{56}$  и  $\Pi_{67}$  и характерной точки  $S_6$  - центра тяжести плуга, жестко связанной со звеном  $L_6$  определяется в результате выполнения процедуры геометрического анализа кинематической цепи, включающей МН и навесную машину [4].

На навесной плуг (рис.1) действуют: сила тяжести  $P_6$ , приложенная в точке  $S_6$ , сила сопротивления плуга  $R$ , приложенная в точке  $M$  и сила

реакции на опорном колесе  $Q$ , приложенная в точке  $N$  его контакта с почвой (рис.1). Реакция на опорное колесо навесного плуга может быть определена из уравнения моментов упомянутых сил относительно МЦВ для чего необходимо определить координаты характерных точек ( $S_6, N, M$ )

Определение координат характерных точек плуга рассмотрим на примере характерной точки центра тяжести плуга  $S_6$ . Координаты центра тяжести плуга (рис. 1) относительно точки  $P$  определяются для рабочего положения оси подвеса –  $\Pi_{56}$ .

$$\begin{aligned} X_{S_6}(P) &= [X_P] + X_{S_6} + L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6 + \varphi_{S_6}) . \\ Y_{S_6}(P) &= |Y_P| + Y_{S_6} + L_{S_6} \cdot \sin(\varphi_6 + \varphi_{S_6}) \end{aligned}$$

Определение координат точек  $N$  и  $M$  выполняется методически аналогично.

В результате вертикальная составляющая силы  $Q$  рассчитывается по выражению:

$$Q_Y = \frac{P_6 \cdot X_{S_6}(P) + R_Y \cdot X_M(P) - R_X \cdot Y_M(P)}{X_N(P) + \mu \cdot Y_N(P)},$$

где  $R_X$  и  $R_Y$  – компоненты обобщенного сопротивления рабочих органов плуга.

С учетом потерь на перекачивание опорного колеса, учитываемых горизонтальной составляющей  $Q_X$  величина силы  $Q$  определяется по выражению:

$$Q = Q_Y \cdot \sqrt{(1 + \mu^2)},$$

Сила  $P_R$ , учитывающая совместное действие силы тяжести и обобщенного сопротивления рабочих органов плуга определяется по выражению:

$$P_R = \sqrt{(P_6^2 + R^2 + 2P_6 \cdot R \cdot \sin(\theta))},$$

В результате сила тягового сопротивления движению  $P$  определяется из параллелограмма сил (рис.1) по выражению:

$$P = \sqrt{(Q^2 + P_R^2 - 2Q \cdot P_R \cos \beta)}$$

Сила тягового сопротивления  $P$  действует под углом  $\alpha$  к горизонту, который определяется по выражению:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left[ \frac{\sin(\varphi_5 - \varphi_7)}{\cos \varphi_5 \cdot \cos \varphi_7} \right]$$

Плечо действия силы тягового сопротивления движению  $P$  рассчитывается по выражению:

$$\rho = Y_p \cdot \cos \alpha - (X_p - \mu \cdot r'') \cdot \sin \alpha$$

В ходе проделанной работы были получены аналитические выражения для расчета положения МЦВ навесной машины, однозначно связанные с параметрами МН, что позволяет оперативно оценивать тот или иной вариант МН МЭС на его соответствие техническим требованиям [5,6] при агрегатировании с плугом в рабочем режиме.

Выражения для расчета величины и направление силы сопротивления движению пахотного агрегата и аналитически определенное плечо действия этой силы позволяют в режиме автоматизированного проектирования выполнить многовариантный анализ “силы на крюке” МЭС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амельченко П.А. Агрегатирование тракторов «Беларусь»: учеб. пособие / П.А. Амельченко, Б.Я. Шнейсер, Н.Г. Шатуня. – Мн.: Ураджай, 1993. – 302 с.
2. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин/ Г.Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1977. – 326с.: ил.
3. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебное пособие / В.А. Скотников [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. - 383с., ил.
4. Попов В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств – Механика - 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике / Объедин. Ин-т машиностроения НАН Белоруси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск, 2011. – т.1. с. 169-176.Справочник по с/х машинам