

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, В.Б. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов. – Гомель. ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. – 251с.: ил.

2. Попов, В. Б. Математическое моделирование функционирования механизмов подъема и поворота траверсы фронтального погрузчика / В. Б. Попов, П.В. Авраменко // Сборник тезисов докладов МНПК “Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра” НТЦК, 2017, С 104–105.

Представлено 20.05.2020

УДК 621.869.4: 658

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ТЯГ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ ТРАКТОРА СО СТОРОНЫ АГРЕГАТИРУЕМОГО НАВЕСНОГО ПЛУГА** **DETERMINATION OF THE LOAD OF THE UPPER AND LOWER LINKS OF THE TRACTOR LINKAGE MECHANISM FROM THE SIDE OF THE MOUNTED PLOW**

**В.Б. Попов**, канд. техн. наук, доц.,  
Гомельский государственный технический университет  
им. П.О. Сухого, г. Гомель, Беларусь  
V. Popov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
Pavel Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

*Представлена методика расчета нагрузки тяг механизма навески трактора общего назначения со стороны навесного плуга. Она включает схему действующих сил, исходную систему уравнений и результат её решения в виде аналитических выражений для расчета действующих в тягах сил.*

*The method of calculating the load of the linkage of a general-purpose tractor from the side of the mounted plow is presented. It includes a scheme of acting forces, the original system of equations and the result of*

*its solution in the form of analytical expressions for calculating the forces acting in the links.*

*Ключевые слова:* автоматизированное проектирование, трактор общего назначения, плуг навесной, механизм навески, верхняя тяга, нижняя тяга, внешняя нагрузка.

*Keywords:* computer aided design, general purpose tractor, mounted plow, linkage mechanism, upper link, lower link, external load.

## ВВЕДЕНИЕ

Необходимой составляющей в математическом обеспечении автоматизированного проектирования машинно-тракторных агрегатов (МТА) являются функциональные математические модели (ФММ). Они описывают режимы работы компонентов МТА, в том числе, механизма навески (МН) трактора [1], обеспечивая выбор его рациональных параметров. Нагрузка на МН со стороны плуга определяется графоаналитически [2,3], что затягивает проектирование.

Цель работы – Получить аналитические выражения для определения сил, действующих в тягах МН на основе формализованного описания внешних сил, действующих на навесной плуг.

## АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ ТЯГ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ

Проектирование механизма навески (МН) трактора общего назначения связано, в том числе, с выбором рациональных параметров его звеньев. Геометрическая модель МН и агрегируемого с ним навесного плуга представляется пространственной (3d) моделью. Проецируя 3d модель на продольную плоскость симметрии трактора, получим её плоский аналог в виде кинематической цепи (рисунок1).

Взаимодействие плуга и почвы характеризуется действием следующих сосредоточенных сил: силы сопротивления почвы  $\vec{R}' = \vec{R}'_x + \vec{R}'_z$ , силы тяжести плуга  $\vec{G}$ , силы трения полевых досок о стенку борозды  $\vec{F}_x$ . Взаимодействие почвы и опорного колоса плуга формирует реакцию  $\vec{N}$  на ободу опорного колеса. Точки приложения суммарной нагрузки от лемехов плуга и его полевых досок, а также от веса плуга и реакции на колесе предварительно рассчитываются и располагаются, как показано на рисунке 1.

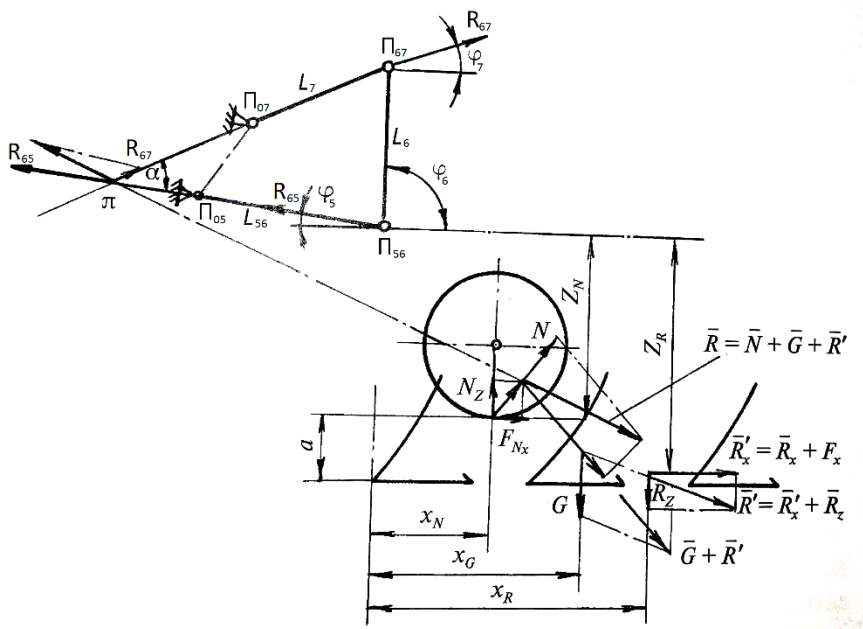


Рисунок 1 – Схема силового воздействия на плоский аналог внешнего четырехзвенника механизма навески трактора со стороны навесного плуга

Действующие в звеньях МН силы –  $L_{56}$  и  $L_7$  раскладываются по компонентам, связанным с осями координат (XOZ):

$$\begin{cases} R_{67}^x = R_{67} \cdot \cos \varphi_7 \\ R_{67}^z = R_{67} \cdot \sin \varphi_7 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} R_{65}^x = R_{65} \cdot \cos \varphi_5 \\ R_{65}^z = R_{65} \cdot \sin \varphi_5 \end{cases} \quad (2)$$

Условия равновесия сил, действующих в продольно-вертикальной плоскости, определяются уравнениями проекций на оси OX и OZ и моментом сил, действующим относительно точки П05 (оси подвеса МН). Они представлены системой из трех уравнений (3)

$$\begin{cases} R_{67} \cdot \cos \varphi_7 - R_{65} \cdot \cos \varphi_5 + R'_x + F_{Nx} = 0 \\ R_{67} \cdot \sin \varphi_7 + R_{65} \cdot \sin \varphi_5 - G + R_z + N_z = 0 \\ R_{67} \cdot \cos \varphi_7 \cdot L_6 + G \cdot X_G + R_z \cdot X_R - N_z \cdot X_N - F_{Nx} \cdot Z_N - R'_x \cdot Z_R = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где  $F_{Nx}$  – сила трения опорного колеса  $F_{Nx} = N_z \cdot f$ ;  $\varphi_5$  и  $\varphi_7$ , углы образуемые звеньями МН определяемые по методу замкнутого векторного контура [1].

Для решения системы (3) имеющей три уравнения и три неизвестных, используем метод, подстановки. Решая систему уравнений определяем аналитические выражения для  $N_z$ ,  $R_{65}$ ,  $R_{67}$ :

$$N_z = \frac{R'_x \cdot [L_6 \cdot \operatorname{tg} \varphi_7 \cdot \cos \varphi_5 - (L_6 + Z_R) \cdot a] - (G \cdot X_G + R_z \cdot X_R) \cdot a}{(X_N + Z_N \cdot f + L_6 \cdot f) \cdot a - f \cdot \operatorname{tg} \varphi_7 + 1} \quad (4)$$

где  $a = \cos \varphi_5 \cdot \operatorname{tg} \varphi_7 + \sin \varphi_5$ ;  $f$  – коэффициент трения опорного колеса.

Реакция на опорном колесе определяется с учетом трения:

$$N = N_z \cdot \sqrt{1 + f^2}.$$

Проанализировав выражение (4) заключаем, что реакция на опорном колесе плуга функционально связана с действующими на плуг силами, координатами точек их приложения, а также параметрами внешнего четырехзвенника МН: углами наклона тяг и высотой присоединенного треугольника.

$$N = \operatorname{func}(R'_x, f, G, R_z; X_N, Z_N, Z_R, X_R, X_G; L_6, \varphi_5, \varphi_7)$$

Сила, действующие в нижних тягах определяются по выражению:

$$R_{65} = \frac{N_z (f \cdot \sin \varphi_7 - \cos \varphi_7) + R'_x \cdot \sin \varphi_7 + (G + R_z) \cdot \cos \varphi_7}{2 \sin \alpha} \quad (5)$$

где  $\alpha = \varphi_5 + \varphi_7$ .

Сила, действующая в верхней (центральной) тяге определяются по выражению:

$$R_{67} = \frac{G + R_z - N_z + R_{65} \cdot \sin \varphi_5}{\sin \varphi_7} \quad (6)$$

Силы, действующие в тягах МН, также как и реакция на опорном колесе плуга, функционально связаны с действующими на плуг силами, координатами точек их приложения, и параметрами внешнего четырехзвенника МН. Например, для силы, действующей в нижней тяге –  $L_{56}$  очевидна зависимость от параметров представленных ниже:

$$R_{65} = f(R'_x, N_z, G, R_z, f; \varphi_5, \varphi_7)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные аналитические выражения позволяют продолжить формализованное описание передачи нагрузки далее по группам Асура вплоть до рабочих гидроцилиндров МН.

Предлагаемая здесь методика анализа нагруженности звеньев внешнего четырехзвенника МН распространяется на решение аналогичной задачи при автоматизированном проектировании МН различных МТА, не только на пахоте, но и при обработке почвы другими орудиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, В.Б. Математическое моделирование подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов. – Гомель. ГГТУ ми. П.О. Сухого, 2016. – 251с.: ил.
2. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с. : ил.
3. Чудаков, Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля : учеб. пособие / Д. А. Чудаков. – М. : Колос, 1975. – 384 с.

Представлено 20.05.2020