

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ КОВША ШАССИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
«АМКОДОР-332С»**

**Д. Н. Павлович**

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

Научный руководитель В. Б. Попов

Амкодор-332С – это фронтальный колесный погрузчик, широко использующийся для погрузочно-разгрузочных и землеройных работ.

Целью данной работы является математическое описание сложного движения ковша шасси для определения пределов его грузоподъемности путем варьирования координат точек соединения звеньев и их длин с условием обеспечения устойчивости и управляемости.

Построение математической модели гидропривода ПНУ с переменной нагрузкой на силовом гидроцилиндре подробно изложено в работе [1]. Исследование механизмов ПНУ было выполнено на основе метода векторных треугольников [2] (рис. 1). В результате геометрического анализа МПС были получены аналитические выражения [формулы (1)–(4)] для координат центра тяжести стрелы  $S_3$  и оси подвеса стрелы (точка  $\Pi_{09}$ ) в зависимости от обобщенной координаты  $S$ .

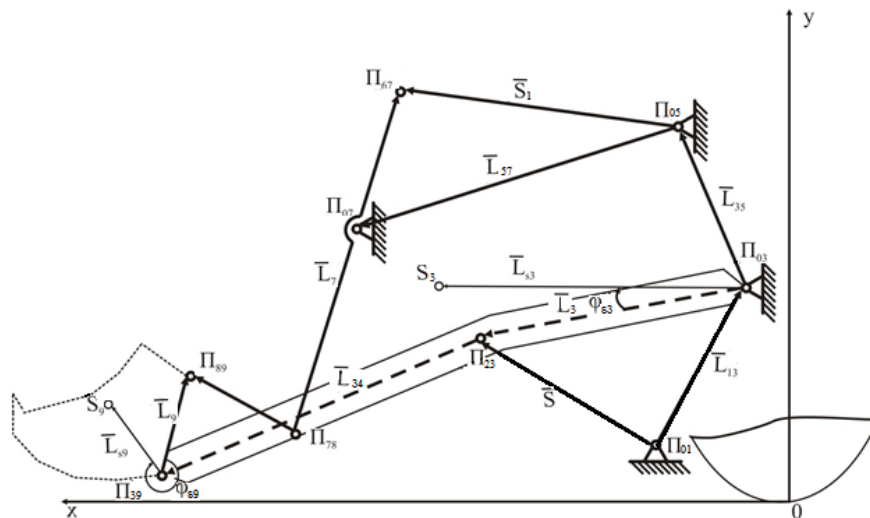


Рис. 1. Векторная интерпретация механизмов подъема стрелы и поворота траверсы

$$X_{S_3}(S) = X_{03} + L_{S_3} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi]; \quad (1)$$

$$Y_{S_3}(S) = Y_{03} + L_{S_3} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi]; \quad (2)$$

$$X_{09}(S) = X_{03} + L_{39} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1]; \quad (3)$$

$$Y_{09}(S) = Y_{03} + L_{39} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad (4)$$

где  $\Delta\varphi_{S_3}$  – угол между векторами  $\vec{L}_3$  и  $\vec{L}_{S_3}$ ;  $\Delta\varphi_1$  – угол между векторами  $\vec{L}_3$  и  $\vec{L}_{39}$ ;  $X_{03}$ ,  $Y_{03}$  – координаты  $X$  и  $Y$  точки  $\Pi_{03}$ ;  $L_{S_3}$ ,  $L_{39}$  – длины звеньев  $03$  и  $09$ , соответственно.

Затем, по результатам анализа МПТ, были определены координаты центра тяжести ковша (точка  $S_9$ ) в зависимости от обобщенных координат  $S$ ,  $S_1$ :

$$X_{S_9}(S, S_1) = X_{09}(S) + L_{S_9} \cdot \cos[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}]; \quad (5)$$

$$Y_{S_9}(S, S_1) = Y_{09}(S) + L_{S_9} \cdot \sin[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}], \quad (6)$$

где  $\varphi_9$  – угол, образуемый вектором  $\vec{L}_9$ ;  $\varphi_{S_9}$  – угол между векторами  $\vec{L}_9$  и  $\vec{L}_{S_9}$  в момент начала движения закрепленного на траверсе рабочего орудия.

Влияние конструкции МПС и МПТ на изменение координат центра тяжести рабочего орудия (формулы 5 и 6) аналитически связано с изменением независимых друг от друга обобщенных координат  $S$  и  $S_1$ .

Максимальное усилие на штоке гидроцилиндра МПС зависит от настройки предохранительного клапана и потерь давления в гидромагистрали:

$$F_{шт}^{\max} = p_{гц}^{\max} F_n, \quad (7)$$

где  $F_n$  – площадь поршня со стороны напорной магистрали;  $p_{гц}^{\max}$  – давление в напорной магистрали.

Определение грузоподъемности ПНУ погрузчика подробно описано в [3]:

$$m = \frac{F_{шт}^{\max} \eta_{мн}}{g I_S}, \quad (8)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $I_S$  – передаточное число механизма подъема;  $\eta_{мн}$  – КПД механизма подъема.

Здесь не учитываются возникающие в момент начала подъема силы инерции и масса звеньев механизма навески [3]. Но для погрузчика невозможно пренебречь массой стрелы, однако можно не учитывать силы инерции звеньев.

Передаточное число механизма подъема есть аналог вертикальной скорости центра тяжести навесной машины или кинематическая передаточная функция 1-го порядка [4], зависящая только от внутренних параметров ПНУ.

Уравнение установившегося движения двух одинаково нагруженных поршней силовых гидроцилиндров будет иметь вид:

$$m_{po} g I_{S_9} + m_{стр} g I_{S_3} = 2 F_{шт}^{\max} \eta_{МПС}, \quad (9)$$

где  $m_{po}$  – масса навешиваемого орудия;  $m_{стр}$  – масса стрелы;  $I_{S_9}$ ,  $I_{S_3}$  – аналоги вертикальной скорости характерных точек.

Аналоги вертикальных скоростей характерных точек изменяются в зависимости от текущего положения звеньев МПС и МПТ, следовательно, грузоподъемность ПНУ будет величиной переменной. Из выражений 8 и 9 получим формулу для расчета грузоподъемности:

$$G(S, S_1) = \frac{2p_{\text{гц}}^{\text{max}} F_{\text{н}} \eta_{\text{МПС}}}{g \left[ I_{S_9}(S, S_1) + I_{S_3}(S) \frac{m_{\text{стр}}}{m_{\text{по}}} \right]}. \quad (10)$$

Ниже представлены результаты расчета грузоподъемности ПНУ и передаточного числа МПС в зависимости от изменения обобщенной координаты.

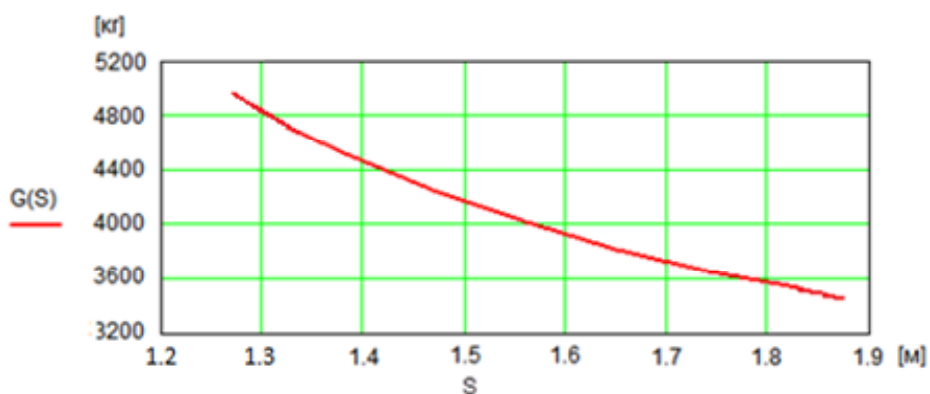


Рис. 2. Характер изменения грузоподъемности ПНУ на оси подвеса

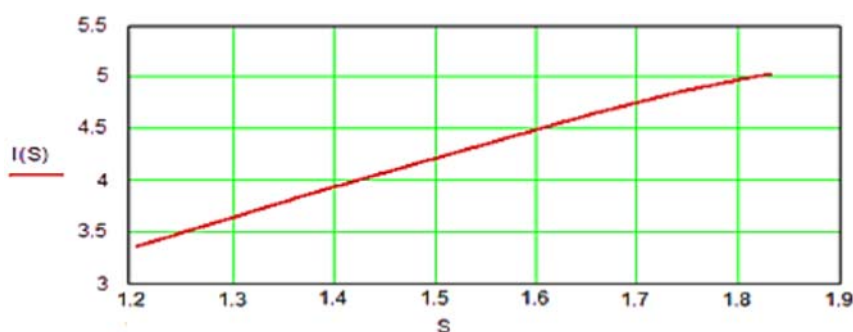


Рис. 3. Характер изменения передаточного числа на оси подвеса МПС

#### Литература

1. Попов, В. Б. Математическое моделирование динамики подъема навесной машины / В. Б. Попов // Современ. проблемы машиноведения : материалы Междунар. науч.-техн. конф. В 2 т. – Т. II. – Гомель, 1998. – С. 80–83.
2. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин : учеб. для втузов / И. И. Артоболевский. – М. : Наука, 1988. – 640 с.
3. Тракторы. Конструирование и расчет : учеб. пособие для втузов. Ч. III / В. В. Гуськов [и др.]. – Минск : Выш. шк., 1981. – 383 с.
4. Попов, В. Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2000. – № 2. – С. 25–29.