

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 Π_{09}) в зависимости от обобщенной координаты S .

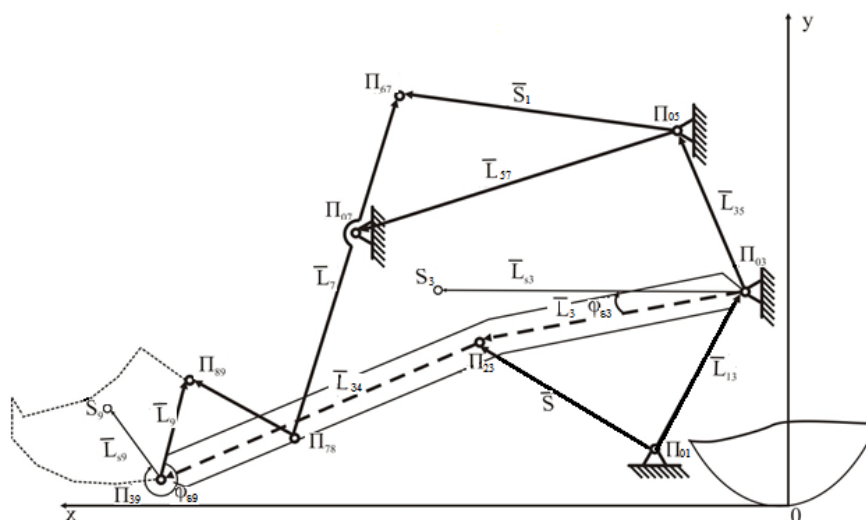


Рис. 1. Векторная интерпретация механизмов подъема стрелы и поворота траверсы

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

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

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

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

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 Π_{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 φ_9 – угол, образуемый вектором \vec{L}_9 ; φ_{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.

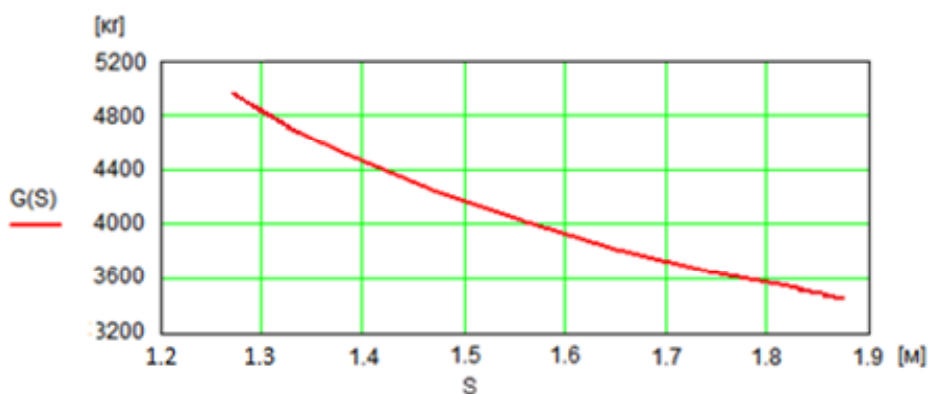


Рис. 2. Характер изменения грузоподъемности ПНУ на оси подвеса

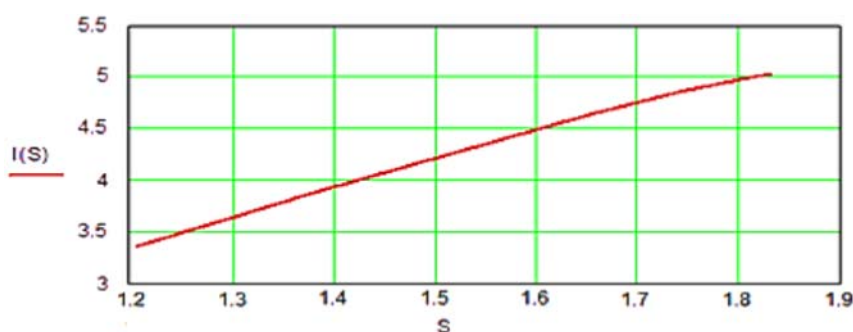


Рис. 3. Характер изменения передаточного числа на оси подвеса МПС

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.