

УДК 631.3-52: 631.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

В.Б. Попов, И.А. Занкевич

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

Аннотация: Предлагается формирование функциональной математической модели подъемного устройства универсального погрузчика. Рассматриваются варианты аналитического описания функциональной математической модели.

Ключевые слова: функциональная математическая модель, механизм подъема, подъемное устройство универсальный погрузчик самоходное шасси.

MATHEMATICAL MODELING OF A LIFTING DEVICE FOR A UNIVERSAL LOADER

V.B. Popov, I.A. Zankevich

*Educational Institution Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi,
Gomel, Republic of Belarus*

Abstract: The development of a functional mathematical model of a universal loader's lifting device is proposed. Options for an analytical description of the functional mathematical model are considered.

Keywords: functional mathematical model, lifting mechanism, lifting device, universal loader self-propelled chassis.

Универсальный погрузчик (УП) состоит из самоходного шасси (СШ), а также навесной машины (НМ) или рабочего органа (РО). Неотъемлемой частью СШ является подъемное устройство (ПУ), включающее гидропривод (ГП) открытого типа и механизм подъема (МП). Именно МП, как основной компонент ПУ, определяет характер взаимодействия СШ с НМ или РО.

Для из эффективного взаимодействия требуется рациональный выбор параметров МП, достигаемый на базе математического моделирования его режимов работы [1]. К МЭС относятся: универсальные энергетические средства (УЭС), тракторы, фронтальные погрузчики (ФП, рис. 1), а также шасси погрузочные многофункциональные (ШПМ) [2].

Универсальный погрузчик АМКАДОР 332В (рис. 1) предназначен для погрузочно-разгрузочных, землеройно-транспортных, строительномонтажных и такелажных работ.

Возможность агрегатирования СШ [2] с различными рабочими орудиями и машинами определяется в первую очередь грузоподъемностью его ПУ.



Рис.1 – Погрузчик универсальный АМКОДОР 342С

ПУ УП состоит из объемного гидропривода, гидроцилиндры которого движут, расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ), на которой жестко крепится рабочий орудие (РО). На рисунке 2 представлен плоский аналог механизмов ПУ шасси “АМКОДОР-342С” – структурная схема с РО в виде ковша.

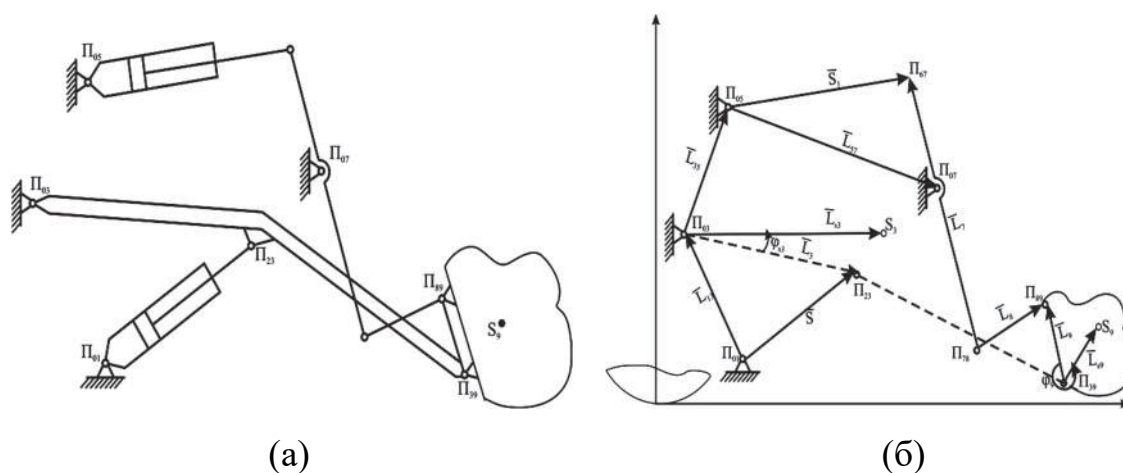


Рис. 2 – Схема механизмов ПУ “АМКОДОР-342С”-(а)
(б)-Векторная интерпретация механизмов подъема стрелы и поворота траверсы

Структурный анализ показывает, что в проекции на продольную плоскость симметрии ШПМ его МПС представляет собой одноподвижный четырехзвенник со средней поступательной парой [3], а МПТ идентифицируется одноподвижным шестизвенником (рис. 2 а).

Координаты характерных точек вышеупомянутых механизмов определяются на основе метода замкнутых векторных контуров (рис. 2 б), [3]:

$$X_{S_3}(S) = X_{O_3} + L_{S_3} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi], \quad Y_{S_3}(S) = Y_{O_3} + L_{S_3} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi], \quad (1)$$

$$X_{O_9}(S) = X_{O_3} + L_{39} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad Y_{O_9}(S) = Y_{O_3} + L_{39} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad (2)$$

где, X_{S_3}, Y_{S_3} - координаты центра тяжести стрелы; X_{O_9}, Y_{O_9} - координаты оси подвеса стелы.

φ_3 - угол характеризующий изменение расположения стрелы в правой декартовой системе координат; $\Delta\varphi$ - угол между L_3 и L_{S_3} ; $\Delta\varphi_1$ - угол между векторами L_3 и L_{39} .

Также по результатам анализа МПТ, были определены координаты центра тяжести РО (S_9) в зависимости от обобщенных координат S, S_1 :

$$X_{S_9}(S, S_1) = X_{O_9}(S) + L_{S_9} \cdot \cos[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}], \quad (3)$$

$$Y_{S_9}(S, S_1) = Y_{O_9}(S) + L_{S_9} \cdot \sin[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}], \quad (4)$$

где φ_9 - угол, образуемый вектором L_9 (геометрическая модель траверсы) в правой декартовой системе координат; φ_{S_9} - угол между векторами L_9 и L_{S_9} в момент начала движения закрепленного на траверсе РО.

Влияние МПС и МПТ на изменение координат центра тяжести РО однозначно связано с изменением независимых друг от друга обобщенных координат S и S_1 . Причем первая изменяет положение оси подвеса стрелы ($П_{O_9}$) относительно СШ, а вторая - положение траверсы (L_9) относительно оси подвеса.

Кинематический анализ механизмов выполняется на базе геометрического анализа путем дифференцирования проекций характерных точек по независимой переменной t . В результате определяются передаточные числа МПС и МПТ. Передаточное число представляет собой аналог вертикальной скорости центра тяжести РО или кинематическую передаточную функцию 1-го порядка, зависящую только от внутренних параметров механизмов ПУ СШ [4].

Понятие грузоподъемности ПУ УП и СШ введено по аналогии с грузоподъемностью ПУ колесного трактора. Грузоподъемность ПУ трактора определяется массой поднимаемого груза (m) при максимальной величине усилия на штоке гидроцилиндра механизма подъема (МП) F_{um}^{\max} :

$$m = \frac{F_{um}^{\max} \cdot \eta_{MH}}{g \cdot I_s}, \quad (5)$$

где g - ускорение свободного падения; I_s - передаточное число МН трактора; η_{MH} - К.П.Д. МН.

Максимальная сила на штоке гидроцилиндра МПС определяется по выражению:

$$F_{um}^{\max} = p_{2y}^{\max} \cdot F_n, \quad (6)$$

где F_H - площадь поршня со стороны напорной магистрали.

В выражении (6) верхняя граница $p_{цл}^{\max}$ определяется настройкой предохранительного клапана гидропривода ПУ.

С учетом принятых допущений используя выражение (5) получим уравнение установившегося движения двух нагруженных поршней силовых гидроцилиндров:

$$(m_{po} \cdot I_{S9} + m_{cmp} \cdot I_{S3}) \cdot g = F_{ум}^{\max} - F_{цл}(S), \quad (7)$$

Где I_{S9} , I_{S3} - аналоги вертикальной скорости характерных точек - центров тяжести рабочего орудия и стрелы.

$$I_{S3}(S) = \varphi'_3(S) \cdot L_{S3} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1] \quad (8)$$

$$I_{09}(S) = \varphi'_3(S) \cdot L_{39} \cdot \cos(\varphi_{39}(S)) \quad (9)$$

$$I_{S9}(S, S_1) = I_{09}(S) + \varphi'_5(S_1) \cdot U_{97}(S_1) \cdot L_{S9} \cdot \cos(\varphi_9(S_1)) \quad (10)$$

где $\varphi'_3(S)$ и $\varphi'_5(S_1)$ - аналоги угловой скорости звеньев L_3 и L_5 ; $I_{09}(S)$ – аналог вертикальной скорости оси подвеса стрелы; $U_{97}(S_1)$ – передаточное отношение угловых скоростей звеньев L_9 и L_7 МПТ.

Поскольку аналоги вертикальных скоростей характерных точек изменяются в зависимости от текущего положения звеньев МПС и МПТ, постольку и грузоподъемность ПНУ - $G(S, S_1)$ в диапазоне изменения обобщенных координат (S, S_1) , как это следует из уравнения, будет величиной переменной:

$$G(S, S_1) = \frac{p_{цл}^{\max} \cdot F_H - F_{цл}(S)}{\left[I_{S9}(S, S_1) + I_{S3}(S) \cdot \frac{m_{cmp}}{m_{po}} \right] \cdot g}, \quad (11)$$

Конструктора интересует, как правило, минимальное значение грузоподъемности, поскольку РО с таким весом устойчиво перемещается ПУ во всем диапазоне изменения (S, S_1) . В этом положении аналог вертикальной скорости центра тяжести РО - наиболее влиятельный выходной параметр МПС, становится максимальным. Грузоподъемность можно рассматривать, как обобщенный показатель качества ПУ, зависящий с одной стороны от параметров гидропривода – давления в гидроцилиндре и площади его поршня со стороны напорной магистрали, а с другой от параметров механизмов ПУ и рабочего органа – их масс, передаточных чисел и к.п.д.

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. <http://www.amkodor.brest.by>
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский - М.: Машиностроение 1988. С. - 640.
4. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В.Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого- 2000. - №2 - с. 25-29.