

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ШАССИ ПОГРУЗОЧНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО “АМКОДОР 332С”

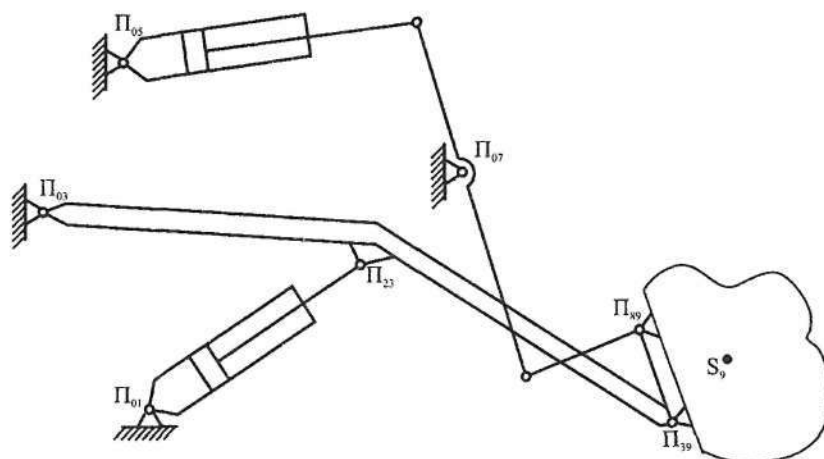
В. Б. ПОПОВ

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

Эффективность агрегатирования шасси погрузочного многофункционального (ШПМ) с различными рабочими орудиями и машинами определяется в первую очередь грузоподъемностью его подъемно-навесного устройства (ПНУ). ПНУ – это необходимый комплект механизмов, предназначенных для связи мобильного энергоносителя (ШПМ) с рабочим орудием или машиной.

ПНУ ШПМ состоит из объемного гидропривода, гидроцилиндры которого движут расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии ШПМ механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ), на которой жестко крепится рабочее орудие (РО). На рисунке 1 представлен плоский аналог механизмов ПНУ шасси “АМКОДОР-332С” – структурная схема с РО в виде ковша.

Рисунок 1 – Схема механизмов ПНУ шасси погрузочного многофункционального “АМКОДОР-332С”



Устройство механизма подъема стрелы (МПС) следующее: на раме ШПМ шарнирно закреплена стрела, поднимающаяся при помощи гидроцилиндра (рисунок 1). На стреле шарнирно закреплён механизм поворота траверсы (МПТ), включающий гидроцилиндр, гильза которого шарнирно закреплена на раме шасси, а штоком через рычаг и тягу связан с траверсой. Структурный анализ показывает, что в проекции на продольную плоскость симметрии ШПМ его МПС представляет собой одноподвижный четырехзвенник со средней поступательной парой, а МПТ идентифицируется одноподвижным шестизвенником.

Аналитическое исследование механизмов ПНУ было выполнено на основе метода векторных контуров (рисунок 2). В результате геометрического анализа МПС были получены аналитические выражения для координат центра тяжести стрелы S_3 и оси подвеса стрелы (центр шарнира Π_{09}) в зависимости от обобщенной координаты S :

$$X_{S3}(S) = X_{03} + L_{S3} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi], \quad Y_{S3}(S) = Y_{03} + L_{S3} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi], \quad (1)$$

$$X_{09}(S) = X_{03} + L_{39} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad Y_{09}(S) = Y_{03} + L_{39} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad (2)$$

где $\Delta\varphi$ – угол между векторами $\vec{L}_3$ и $\vec{L}_{S3}$; $\Delta\varphi_1$ – угол между векторами $\vec{L}_3$ и $\vec{L}_{39}$.

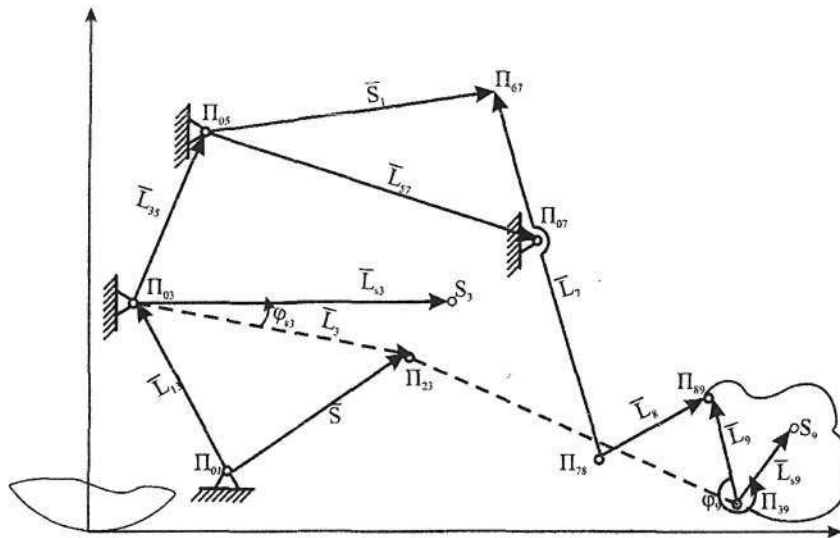


Рисунок 2 – Векторная интерпретация механизмов подъема стрелы и поворота траверсы ПНУ ШПМ

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

$$X_{S9}(S, S_1) = X_{09}(S) + L_{S9} \cdot \cos[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S9}], \quad Y_{S9}(S, S_1) = Y_{09}(S) + L_{S9} \cdot \sin[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S9}], \quad (3)$$

где φ_9 – угол, образуемый вектором $\vec{L}_9$ (геометрическая модель траверсы) в правой декартовой системе координат; φ_{S9} – угол между векторами $\vec{L}_9$ и $\vec{L}_{S9}$ в момент начала движения закрепленного на траверсе РО.

Влияние МПС и МПТ на изменение координат центра тяжести РО (3) однозначно связано с изменением независимых друг от друга обобщенных координат S и S_1 . Причем первая изменяет положение оси подвеса стрелы (Π_{09}) относительно ШПМ, а вторая – положение траверсы (L_9) относительно оси подвеса.

Понятие грузоподъемности ПНУ ШПМ введено по аналогии с грузоподъемностью ПНУ колесного трактора. Грузоподъемность ПНУ трактора определяется массой поднимаемого груза (m) при максимальной величине усилия на штоке гидроцилиндра механизма навески (МН) $F_{шт}^{\max}$:

$$m = \frac{F_{шт}^{\max} \eta_{МН}}{g I_S}, \quad (4)$$

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

Передаточное число МН представляет собой аналог вертикальной скорости центра тяжести РО или кинематическую передаточную функцию 1-го порядка, зависящую только от внутренних параметров механизмов ПНУ ШПМ.

Максимально сила на штоке гидроцилиндра МПС определяется по выражению:

$$F_{шт}^{\max} = p_{гц}^{\max} F_n, \quad (5)$$

где F_n – площадь поршня со стороны напорной магистрали.

В выражении (8) верхняя граница $p_{гц}^{\max}$ определяется настройкой предохранительного клапана гидропривода ПНУ.

В приведенной к штоку гидроцилиндра нагрузке – mgI_S , которая получена из выражения (4), не учитываются возникающие в момент начала подъема силы инерции и масса звеньев механизма навески. Практика эксплуатации показывает, что для ШПМ, с одной стороны, невозможно пренебречь массой стрелы, а с другой – можно не учитывать силы инерции звеньев вследствие относительной краткости переходного процесса в нагруженном гидроприводе и тихходности МПС.

С учетом принятых допущений из выражения (7) получим уравнение установившегося движения двух нагруженных поршней силовых гидроцилиндров:

$$(m_{po} I_{S9} + m_{стр} I_{S3}) g = F_{шт}^{\max} - F_{гц}(S), \quad (6)$$

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

Передаточное число МПС (I_{S9}) и аналог вертикальной скорости центра тяжести закрепленного на траверсе РО – синонимы. Аналоги вертикальных скоростей характерных точек МПС и МПТ получают дифференцированием по независимой переменной t выражений (1)–(3), разделив затем результаты на независимые друг от друга $\dot{S}, \dot{S}_1$ соответственно:

$$I_{S3}(S) = \varphi'_3(S) L_{S3} \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad (7)$$

$$I_{09}(S) = \varphi'_3(S) L_{39} \cos(\varphi_{39}(S)), \quad (8)$$

$$I_{S9}(S, S_1) = I_{09}(S) + \varphi'_5(S_1) \cdot U_{97}(S_1) L_{S9} \cos(\varphi_9(S_1)), \quad (9)$$

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 (9), будет величиной переменной:

$$G(S, S_1) = \frac{p_{\text{тл}}^{\text{max}} F_{\text{тл}} - F_{\text{тл}}(S)}{\left[I_{S9}(S, S_1) + I_{S3}(S) \frac{m_{\text{стр}}}{m_{\text{ро}}} \right] g}. \quad (10)$$

Конструктора интересует, как правило, минимальное значение грузоподъемности, поскольку РО с таким весом устойчиво перемещается ПНУ 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 ПНУ, зависящий, с одной стороны, от параметров гидропривода – давления в гидроцилиндре и площади его поршня со стороны напорной магистрали, а с другой – от параметров механизмов ПНУ и рабочего органа – их масс, передаточных чисел и КПД.