

ПОВЫШЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ (ПНУ) МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

*Попов В.Б., заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины»
Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет им. П. О. Сухого»*

Агрегатирование мобильных энергетических средств (МЭС) — тракторов, универсальных энергетических средств, фронтальных погрузчиков с навесными машинами (НМ) и орудиями осуществляется при помощи подъемно-навесных устройств. ПНУ состоит из гидропривода (ГП) и механизма навески (МН) — основного структурного компонента, определяющего характер взаимодействия МЭС с НМ.

Проектирование новых и модернизация серийных НМ часто сопровождается ростом веса НМ и удалением ее центра тяжести от оси подвеса МН, что изменяет требования, предъявляемые к выходным параметрам ПНУ. Срочное решение этой проблемы возможно в режиме автоматизированного проектирования ПНУ, опирающемся на математическое моделирование.

3D модель МН преобразуем в плоский аналог (рис. 1), полагая оси, проходящие через центры шарниров, параллельными. В результате получим плоский рычажный механизм, структура которого (звенья МН и жидкость в гидроцилиндре считаются несжимаемыми) идентифицируется неподвижным восьмизвенником. Навесная машина присоединяется к МН в трех точках посредством верхней и нижних тяг, образующих треугольник, который на плоскости преобразуется в звено L_n , представляющее высоту присоединительного треугольника. Положение центра тяжести НМ — S_n однозначно связано с изменением обобщенной координаты (S) — расстоянием между центрами шарниров гильзы и штока гидроцилиндра (ГЦ).

При подъеме НМ выполняет сложное движение, что учитывается при выполнении динамического анализа процесса подъема НМ и обеспечивается соответствующим описанием ее кинематики. При этом подъем НМ может быть воспроизведен, если обеспечена достаточная грузоподъемность ПНУ.

Для определения положения подвижных шарниров, аналогов угловых скоростей звеньев и линейных скоростей характерных точек последовательно выполняется геометрический и кинематический анализ полученной кинематической цепи (рис. 1). В его основе лежит метод замкнутого векторно-

го контура, предложенный Зиновьевым. В результате определяются выражения для координат центра тяжести НМ и передаточного числа, связывающего МН и конкретную НМ — $I_{S_6}(S)$

$$I_{S_4}(S) = \varphi'_3(S) \cdot U_{33} \{ L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_5(S)] + U_{65}(S) \cdot L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_6(S) + \varphi_{S_6}] \}, \quad (1)$$

где $\varphi'_3(S)$ — аналог угловой скорости звена L_3 ; $U_{33}(S)$ — передаточное отношение; L_{S_6} , L_{S_6} — длина нижней тяги и расстояние от оси подвеса до центра тяжести НМ; $\varphi_5(S)$, $\varphi_6(S)$ — углы, образуемые звеньями L_5 , L_6 в правой декартовой системе координат. Первая половина выражения (1) представляет передаточное число на оси подвеса.

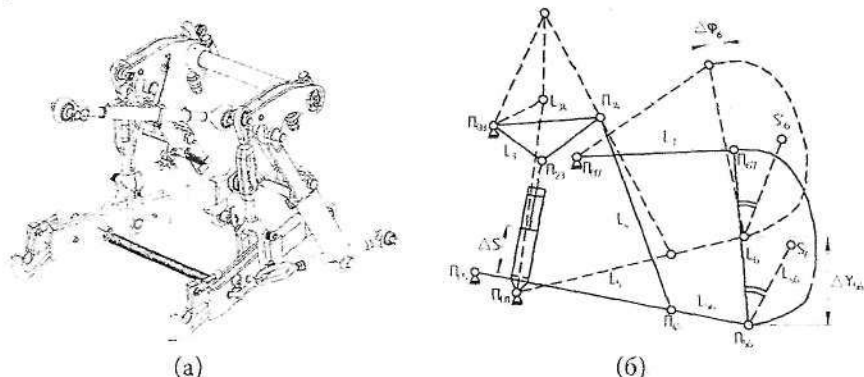


Рис. 1 Подъемно-навесное устройство МЭС (а) и плоский аналог кинематической цепи, включающий механизм навески МЭС и навесную машину (б)

Аналитическое выражение для передаточного числа МН позволяет определить соответствующую заданным L_{S_6} и φ_{S_6} грузоподъемность G_{S_6} ПНУ:

$$G_{S_6}^{\min} = \frac{p_{ци}^{\max} \cdot F_c - [F_{ин}^{np}(S^*) + F_{тр}^{np}(S^*)]}{I_{S_6}(S^*)_{\max}} \quad (2)$$

где $p_{ци}^{\max}$ — максимальное давление в ГЦ; F_c — площадь поршня ГЦ; $F_{ин}^{np}(S^*)$ — приведенная сила инерции и $F_{тр}^{np}(S^*)$ — приведенная сила трения, определенные для значения обобщенной координаты, соответствующей максимуму передаточного числа.

Запас грузоподъемности ПНУ МЭС определяется как:

$$\Delta G_S = \frac{P_6 - G_{S_6}^{\min}}{P_6} \cdot 100\%$$

где, $G_{S_6}^{\min}$ — минимальное значение грузоподъемности в диапазоне измене-

ния обобщенной координаты (для ПНУ тракторов и УЭС обычно соответствует транспортному положению навесной машины).

Приведенная к штоку ГЦ сила инерции определяется по выражению:

$$F_{ин}^{np}(S) = m_6 \cdot a_{s6}(S) \cdot I_{s6}(S) + J_6 \cdot \varepsilon_6(S) \cdot \varphi'_6(S), \quad (3)$$

где $a_{s6}(S)$, $\varepsilon_6(S)$ — соответственно линейное и угловое ускорение НМ; m_6 , J_6 — соответственно масса и момент инерции НМ; $\varphi'_6(S)$ — аналог угловой скорости НМ.

Силовой анализ выполняется по группам Ассура по известной методике, причем определенная в результате реакция в кинематической паре Π_{23} - $R_{23}(S)$ равна полезной нагрузке $F(S)$ — на штоке поршня гидроцилиндра. Приведенная сила трения определяется по результатам кинематического и силового анализа:

$$F_{тр}^{np}(S) = F_{трш} + r \cdot f_{тр} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{0i}(S) \cdot \varphi'_i(S) + \sum_{i=1}^7 R_{ji}(S) \cdot [\varphi'_i(S) \pm \varphi'_{i+1}(S)] \right\}, \quad (4)$$

где r — радиус шарниров; $f_{тр}$ — коэффициент трения; $R_{0i}(S)$, $R_{ji}(S)$ — силы реакций соответственно в неподвижных и подвижных шарнирах МН; φ'_i , φ'_{i+1} — аналоги угловых скоростей звеньев МН; $F_{трш}$ — сила трения манжеты Ц.

Аналитические выражения (1) и (2) могут быть использованы для анализа функционирования ПНУ идентичной структуры других мобильных энергодсредств.

Проектируя ПНУ, инженер исходит из назначения мобильного с/х агрегата (МЭС и навесная машина), стремясь удовлетворить ряд противоречивых условий: скомпоновать МН так, чтобы в процессе движения НМ занимала желаемое положение, не нарушая требования стандартов; при ограниченной мощности гидропривода обеспечить повышение запаса грузоподъемности ПНУ; снизить нагрузки (и потери) в элементах МН, а также силовое воздействие на раму МЭС и т. д. Традиционный способ проектирования при относительно большом числе параметров, описывающих ПНУ, в достаточно широком диапазоне их изменения и наличии функциональных ограничений не позволяют всесторонне исследовать ресурсы возможностей создаваемого МН в реальные сроки.

Модернизацию ПНУ целесообразно начинать путем модификации части внутренних параметров МН. Полученное на основе функциональной математической модели (ФММ), проектное решение оценивают на соответствие техническим требованиям по различным выходным параметрам МН. При этом для каждого синтезированного варианта МН характерна многокритериальная оценка. Процедура параметрического синтеза базируется на по-

становке задачи нелинейного программирования, которая включает: назначение управляемых параметров; выбор (из выходных параметров) показателей качества МН и описание функциональных ограничений.

Цель проектирования — выбор совокупности управляемых параметров МН, которые вместе с постоянными составляют вектор \vec{X} , определяющий модернизированный вариант МН, который удовлетворяет функциональным ограничениям и минимизирует целевую функцию. Проверить принятый вариант МН можно по интегральному показателю качества ПНУ — его грузоподъемности на оси подвеса МН, зависящей одновременно от параметров гидропривода и МН:

$$G_M = \frac{P_2^{\max} \cdot F_c - [F_{ин}^{np}(S^*) + F_{нф}^{np}(S^*)]}{I_M^{\max}(S^*)}, \quad (5)$$

Рационально выбранные точки крепления МН к раме и геометрические размеры его звеньев должны обеспечивать его устойчивое функционирование на основных режимах эксплуатации: подъем, транспортный переезд, рабочий процесс.