

УДК 681.532.6

ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ГИДРОНАСОСА ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕЖИМЕ ПОДЪЕМА НАВЕСНОЙ МАШИНЫ

В.Б. Попов¹, О.В. Рехлицкий², В.Н. Шкирский²

¹УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь;

²Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

При проектировании мобильных энергетических средств (МЭС) возникает задача обоснованного выбора мощности гидропривода, осуществляющего подъем навесных машин (НМ) и рабочих орудий, например, навесного кормоуборочного комбайна КНК-500.

Подъемно-навесное устройство (ПНУ) МЭС состоит из гидропривода (ГП) и механизма навески (МН). Грузоподъемность ПНУ прямо пропорциональна максимальному давлению в гидроцилиндре ГП и обратно пропорциональна максимальному передаточному числу МН [1].

$$G_M = \frac{p_{2ц}^{\max} \cdot F_c - [F_{ин}^{np}(S^*) + F_{мп}^{np}(S^*)]}{I_M^{\max}(S^*)} \quad G_{S6} = \frac{p_{2ц}^{\max} \cdot F_c - [F_{ин}^{np}(S^*) + F_{мп}^{np}(S^*)]}{I_{S6}(S^*)_{\max}}, \quad (1)$$

где, $I_M(S)$, $I_{S6}(S)$ - передаточные числа МН на оси его подвеса и в центре тяжести навесной машины; $G_m(S)$ – грузоподъемность ПНУ на оси подвеса, $G_{S6}(S)$ – грузоподъемность ПНУ, соответствующая расположению центра тяжести КНК-500, p_2^{\max} – максимальное давление в гидроцилиндре МН, $F_{ин}^{np}$, $F_{тр}^{np}$ – соответственно, приведенные силы инерции и трения, F_c – суммарная площадь поршней гидроцилиндров.

В ПНУ энергонасыщенных МЭС (универсальных энергетических средств, тракторов общего назначения) используется трехточечный МН (рис.1) с двумя гидроцилиндрами и симметричным (относительно продольной оси) расположением навесной машины.

Для определения требуемой мощности ГН, необходимо с помощью функциональной математической модели [2], задавшись, помимо прочего, весом и координатами центра тяжести НМ, выполнить расчет выходных параметров ПНУ, определив максимальную нагрузку на поршень гидроцилиндра. Величина приведенной к поршню гидроцилиндра (ГЦ) нагрузки – $F_{np}(S)$ состоит из полезной составляющей $F(S)$, а также приведенных сил трения ($F_{тр}^{np}$) и инерции ($F_{ин}^{np}$):

$$F_{np}(S) = F(S) + F_{ин}^{np}(S) + F_{тр}^{np}(S), \quad (2)$$

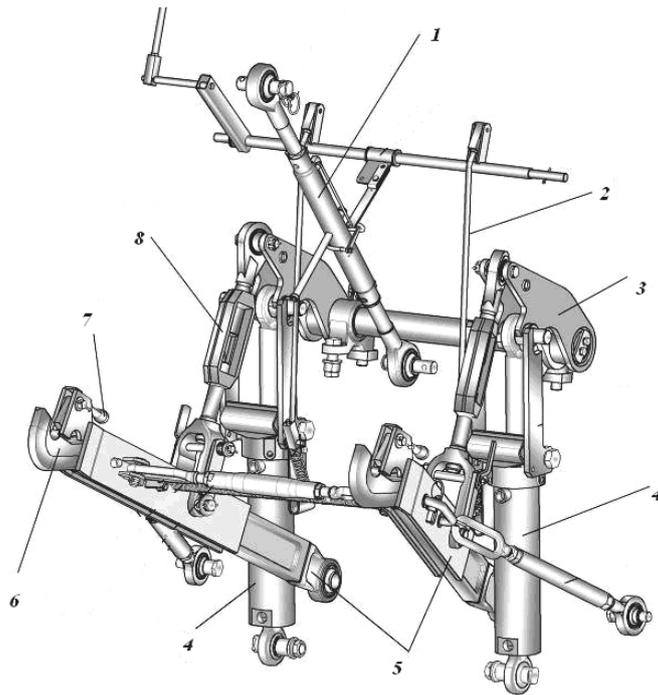


Рис.1. Механизм навески МЭС: 1 – тяга верхняя; 2 – тяга механизма фиксации; 3 – рычаг поворотный; 4 – гидроцилиндры; 5 – тяги нижние; 6 – захват; 7 – ручка фиксатора; 8 – раскос

Полезная нагрузка пропорциональна передаточному числу МН – $I_{S_6}(S)$:

$$F(S) = P_6 I_{S_6}(S), \quad (3)$$

где P_6 – вес НМ, например, комбайна КНК-500.

Максимальная движущая сила, развиваемая на штоке ГЦ, преодолевающая приведенную к штоку ГЦ нагрузку, определяется по выражению:

$$F_{шт}^{\max} = p_{ГЦ}^{\max} F_c, \quad (4)$$

где F_c – площадь поршня ГЦ; $p_{ГЦ}^{\max}$ – максимальное давление в ГЦ.

Затем следует рассчитать давление со стороны штока ГЦ и сравнить его с максимальным давлением, поддерживаемым предохранительным клапаном ГП. Максимально возможное давление в ГЦ ограничено настройкой предохранительного клапана (ПК) и потерями давления в ГП:

$$p_{ГЦ}^{\max} = p_{ПК} - (\Delta p_{др} + \Delta p_{ГМ}), \quad (5)$$

где $p_{ПК}$ – давление настройки ПК гидропривода; $\Delta p_{др}$ – потери давления на дросселе в магистрали слива; $\Delta p_{ГМ}$ – потери давления в гидромагистралях нагнетания и слива.

Например, если настройка ПК равна 20 МПа, а общие потери давления в ГП составляют 1,5 МПа, то максимально возможное давление в ГЦ не превышает 18,5 МПа. Именно из этого давления нужно исходить при подсчете максимальной движущей силы, развиваемой на штоке ГЦ - (4) для преодоления приведенной нагрузки (2).

Подача ГН определяет скорость, а, следовательно, и время подъема НМ.

Время перевода НМ из рабочего положения в транспортное определяется как отношение рабочего объема гидроцилиндров к подаче насоса гидропривода ПНУ с учетом его объемного КПД, но, без учета времени нарастания давления в гидроцилиндре при переключении распределителя гидропривода ПНУ из-за его быстротечности:

$$t_{под} = \frac{V_{зц}}{q \cdot n \cdot \eta_{об}}, \quad (6)$$

где $V_{зц}$ - суммарный рабочий объем гидроцилиндров ПНУ; $\eta_{об}$ - объемный КПД гидронасоса; q - производительность гидронасоса; n - частота вращения вала гидронасоса.

Пусть имеется: ГН марки НШ-32 с объемным КПД $\eta_{об} = 0,9$; два ГЦ с диаметром поршня $D=90$ мм и ходом поршня 250мм. Входной вал ГН приводится во вращение с частотой 1500 мин^{-1} . В этом случае время подъема НМ будет равно:

$$t_{под} = \frac{3,14 \cdot 4,5^2 \cdot 2 \cdot 25}{32 \cdot 25 \cdot 0,9} = 4,416 \text{ с}, \quad (7)$$

Время подъема НМ составляет 88,3% от допустимого (5,0с) [3]. Способ его снижения очевиден, и состоит он в увеличении составляющих знаменателя в формуле (6):

- выборе ГН с большей подачей рабочей жидкости, например, НШ-46;

- повышении объемного КПД;

- повышении частоты вращения входного вала ГН.

Реализация последнего варианта представляется менее затратной и более эффективной. Так, при 30% росте частоты вращения входного вала ГН (1800 мин^{-1}) время подъема КНК-500 понизится до 3,09с.

Максимальная мощность, которую способен развить данный ГН, определяется по выражению:

$$N_{гн} = p_{нк} \cdot Q_{гн} = 20 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 16 \cdot 10^3 \text{ вт} = 16 \text{ квт} \quad (8)$$

То есть, при подъеме НМ, создающей на штоке ГЦ нагрузку, эквивалентную давлению в 18,5МПа (см. выше) в напорной полости ГЦ, мощность, реализуемая НШ-32 не может превышать 16 квт.

В качестве примера определим максимальную мощность, которую потреблял бы вышеупомянутый ГН при переводе КНК-500 в

транспортное положение посредством механизма навески УЭС-290/450 [4]. С учетом утечек рабочей жидкости ($\eta_{об} = 0,9$) её подача в ГЦ составит $0,72 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, при этом установившаяся скорость поршня определяется как отношение подачи к площади поршней ГЦ, равное $5,67 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$. Приведенная к штокам ГЦ максимальная нагрузка составляет 249 кН [4], поэтому развиваемая ГЦ максимальная мощность равна:

$$N_{ци} = F_{пр} \cdot \dot{S} = 249 \cdot 10^3 \cdot 5,67 \cdot 10^{-2} = 14118 \text{ вт} \cong 14,1 \text{ кВт} \quad (9)$$

С учетом механических потерь в ГП ($\eta_m = 0,9$) максимальная мощность, развиваемая ГН составит 15,67 кВт.

Представленная здесь методика анализа возможности перевода в транспортное положение НМ посредством ПНУ, позволяет оценить такую возможность для других МЭС и навесных машин.

Литература

1. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В.Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого – 2000, №2, 25 – 29.
2. Попов В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно–навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов // Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 2011 г. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск, 2011. – т.1., С. 169–176.
3. ГОСТ 10677-2001. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6-8. Типы, основные параметры и размеры (межгосударственный стандарт) – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: 2002. – С. – 8.
4. Попов В.Б. Анализ агрегатирования универсального энергетического средства УЭС 290/450 “Полесье” с навесным кормоуборочным комбайном КНК-500 / В.Б. Попов – 2012, №4, 29 – 36.