

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДЪЕМНО- НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ПОГРУЗЧИКА «АМКОДОР 211»

Е. В. Воробьева

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

В статье представлена методика расчета основных выходных параметров ПНУ погрузчика «Амкодор 211», определяющих его грузоподъемность.

Разработанный ОАО «Амкодор» малогабаритный погрузчик с бортовым поворотом предназначен для механизации небольших по объему работ, выполняемых как в обычных, так и в стесненных условиях. Его компактность, а также хорошая устойчивость обеспечивают проведение погрузочно-разгрузочных работ, прокладку коммуникаций и т. д. Использование различного рабочего оборудования (более 15 наименований) требует повторного анализа возможности подъема, навешиваемого на погрузчик рабочего орудия, а также управляемости мобильного агрегата в целом.

Возможность эффективного агрегатирования «Амкодор 211» с различными рабочими машинами и орудиями, определяется в первую очередь грузоподъемностью его подъемно-навесного устройства (ПНУ). ПНУ погрузчика состоит из нерегулируемого объемного гидропривода, гидроцилиндры которого движут, расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии погрузчика механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ), на которой жестко крепится рабочая машина или орудие [2]. На рис. 1 представлен общий вид погрузчика с бортовым поворотом «Амкодор 211» и схема движения его ПНУ с рабочим орудием в виде ковша.

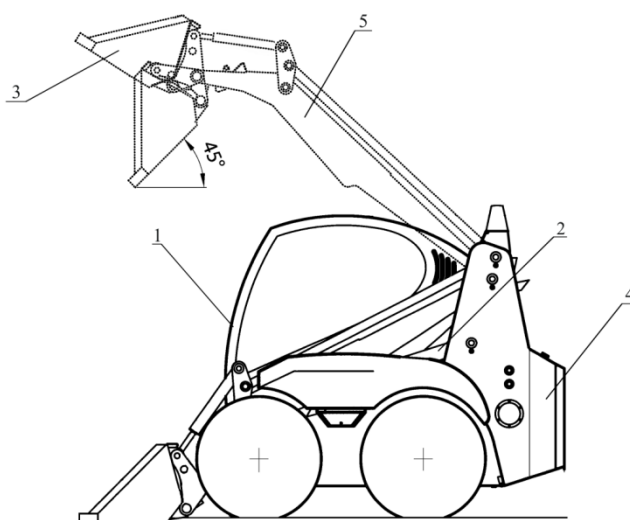


Рис. 1. Схема движения ПНУ с ковшом погрузчика «Амкодор 211»:

- 1 – механизм подъема стрелы; 2 – механизм поворота траверсы;
3 – рабочее орудие (ковш); 4 – минипогрузчик; 5 – стрела

МПС устроен следующим образом: на раме погрузчика шарнирно закреплена стрела, поворачивающаяся при помощи гидроцилиндров в продольной плоскости. Структурный анализ, выполненный по методике изложенной в [1] показывает, что в проекции на продольную плоскость симметрии погрузчика МПС представляет собой одноподвижный четырехзвенник со средней поступательной парой. Справа и слева на стреле шарнирно закреплены два МПТ, включающие два гидроцилиндра, соединенные штоком гидроцилиндра с траверсой, а гильзой через рычаг со стрелой. На плоскости МПТ идентифицируется одноподвижный четырехзвенник.

В установленном режиме подъема стрелы грузоподъемность ПНУ пропорциональна величине установленного давления в гидроцилиндре МПС со стороны нагнетающей магистрали. Это давление определяется внешней нагрузкой, причем его

максимум ограничивается настройкой предохранительного клапана ($p_{нк}$), а также потерями давления на дросселе ($\Delta p_{др}$) и в гидромагистрали ($\Delta p_{зм}$):

$$p_{ци}^{\max} = p_{нк} - (\Delta p_{др} + \Delta p_{зм}). \quad (1)$$

Аналитическое исследование механизмов ПНУ было выполнено на основе метода векторных контуров [1], разработанного В. А. Зиновьевым (рис. 2). Так, 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 :

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

$$Y_{S_3}(S) = Y_{03} + L_{S_3} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi]; \quad (3)$$

$$X_{09}(S) = X_{03} + L_{39} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1]; \quad (4)$$

$$Y_{09}(S) = Y_{03} + L_{39} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1], \quad (5)$$

где $\Delta\varphi$ – угол между векторами \vec{L}_3 и \vec{L}_{S_3} ; $\Delta\varphi_1$ – угол между векторами \vec{L}_3 и \vec{L}_{39} .

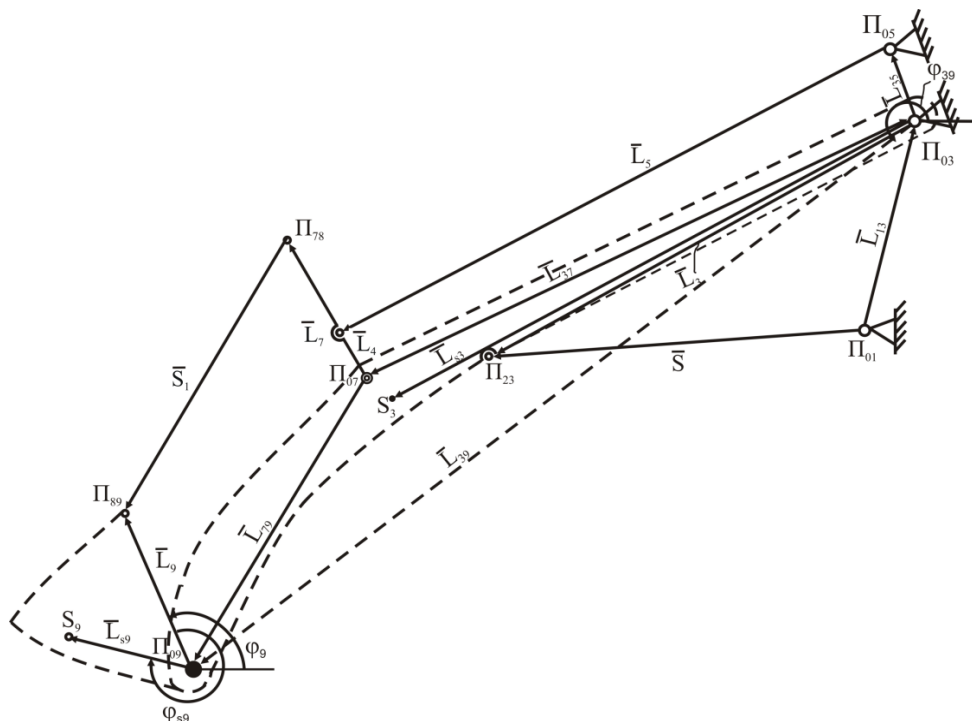


Рис. 2. Векторная интерпретация механизмов подъема стрелы и поворота траверсы

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

$$X_{S_9}(S, S_1) = X_{09}(S) + L_{S_9} \cdot \cos[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}]; \quad (6)$$

$$Y_{S_9}(S, S_1) = Y_{09}(S) + L_{S_9} \cdot \sin[\varphi_9(S_1) + \varphi_{S_9}], \quad (7)$$

где φ_9 – угол, образуемый вектором \vec{L}_9 (геометрическая модель траверсы) в правой декартовой системе координат; φ_{S_9} – угол между векторами \vec{L}_9 и \vec{L}_{S_9} в момент начала движения закрепленного на траверсе рабочего орудия.

Передающее число МПС (I_{S_9}) и аналог вертикальной скорости центра тяжести, закрепленного на траверсе рабочего орудия – подобны. Аналоги вертикальных скоростей характерных точек МПС и МПТ получены дифференцированием по независимой переменной t выражений (3), (5), (7):

$$I_{S_3}(S) = \varphi_3'(S) \cdot L_{S_3} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \Delta\varphi_1]; \quad (8)$$

$$I_{09}(S) = \varphi_3'(S) \cdot L_{39} \cdot \cos(\varphi_{39}(S)); \quad (9)$$

$$I_{S_9}(S, S_1) = I_{09}(S) + \varphi_7'(S_1) \cdot U_{97}(S_1) \cdot L_{S_9} \cdot \cos(\varphi_9(S_1)), \quad (10)$$

где $\varphi_3'(S)$ и $\varphi_7'(S_1)$ – аналоги угловой скорости звеньев L_3 и L_7 ; $I_{09}(S)$ – 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), будет величиной переменной:

$$G(S, S_1) = \frac{2 \cdot p_{2y}^{\max} \cdot F_n \cdot \eta_{МПС}}{g \cdot \left[I_{S_9}(S, S_1) + I_{S_3}(S) \cdot \frac{m_{cmp}}{m_{po}} \right]}. \quad (11)$$

В функции изменения $G(S, S_1)$ нас интересует минимальное значение грузоподъемности, поскольку рабочее орудие с таким весом устойчиво перемещается ПНУ во всем диапазоне изменения (S, S_1). В этом положении аналог вертикальной скорости центра тяжести рабочего орудия – наиболее влиятельный выходной параметр МПС и ПНУ, становится максимальным.

Проанализировав связь между грузоподъемностью ПНУ, продольной устойчивостью и управляемостью мобильного агрегата, когда центр тяжести рабочего орудия максимально удален от центра тяжести погрузчика, т. е., когда МПС и МПТ одновременно обеспечивают X_{09}^{\max} и $X_{S_9}^{\max}$. В этом положении грузоподъемность ПНУ определяется из выражения:

$$G(S^*, S_1^*) = \frac{2 \cdot p_{\text{цп}}^{\text{max}} \cdot F_n \cdot \eta_{\text{МПС}}}{g \cdot \left[I_{S9}(S^*, S_1^*) + I_{S3}(S^*) \cdot \frac{m_{\text{смп}}}{m_{\text{ро}}} \right]}. \quad (11a)$$

Заключение.

В результате данной работы были получены аналитические выражения для грузоподъемности, позволяющие оценить возможность агрегатирования «Амкодор 211» с различными рабочими машинами и орудиями. Методология анализа и полученные аналитические выражения (6) – (11) могут быть использованы также для исследования грузоподъемности других ПНУ и мобильных агрегатов.

Литература

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин : учеб. для вузов / И. И. Артоболевский. – Москва : Наука, 1988. – 640 с.
2. Попов, В. Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В. Б. Попов // Вест. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2000. – № 2. – С. 25–29.