

По мнению авторов, инновационные функции науки и образования в условиях новой экономики служат достижению стратегических целей развития лесопользования в лесных регионах. Актуальной остается сложная и трудоемкая для решения проблема совершенствования научно-методического обеспечения, удовлетворяющего требованиям стандарта качественной подготовки кадров с уровнем компетенций, достаточным для достижения поставленных стратегических целей развития лесного комплекса России.

*Библиографический список*

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года: утверждена распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 г. № 2227-р. URL: [cousultant.ru](http://cousultant.ru).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (бакалавриат)». Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24 декабря 2009 года № 824. URL: [http // Минобрнауки РФ](http://минобрнауки.рф).
3. Прешкин Г.А. Инновационная модель устойчивого управления лесами // Агропродовольственная политика России. Тюмень: Изд-во Тюменской ГСХА, 2014. № 8. С. 59-62.
4. Plott, Charls., Smith, Vernon. 2008. Handbook of Experimental Economics Results. ELSEVIER B.V., 2008. 1184 p.

УДК 621.87

Ф.Ф. Дахиев, Л.Т. Раевская  
(F.F. Dakhiyev, L.T. Raevskaya)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ РАБОТ ОБОБЩЕННЫХ СИЛ  
В ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРАХ  
(CALCULATION OF ELEMENTARY WORKS FROM THE  
GENERALIZED FORCES OF THE FORESTRY MANIPULATORS)**

*Приведен расчет элементарных работ обобщенных сил, действующих в системе с четырьмя степенями свободы.*

*This paper presents the calculation of elementary works from the generalized forces in forestry cranes with four degrees of freedom.*

На комбинированной схеме шарнирно сочлененного манипулятора с телескопической рукоятью (рисунок) использованы следующие обозначения [1, 2]:

$m_{гр}$  – масса груза с грейфером и ротатором;

$m_c$ , – масса стрелы с гидроцилиндром и механизмом привода рукояти;

$m_p$  – масса рукояти с гидроцилиндром привода телескопического удлинителя;

$F_1, F_2, F_3$  – усилия на поршне в штоковой полости гидроцилиндров привода стрелы, рукояти, телескопического удлинителя соответственно;

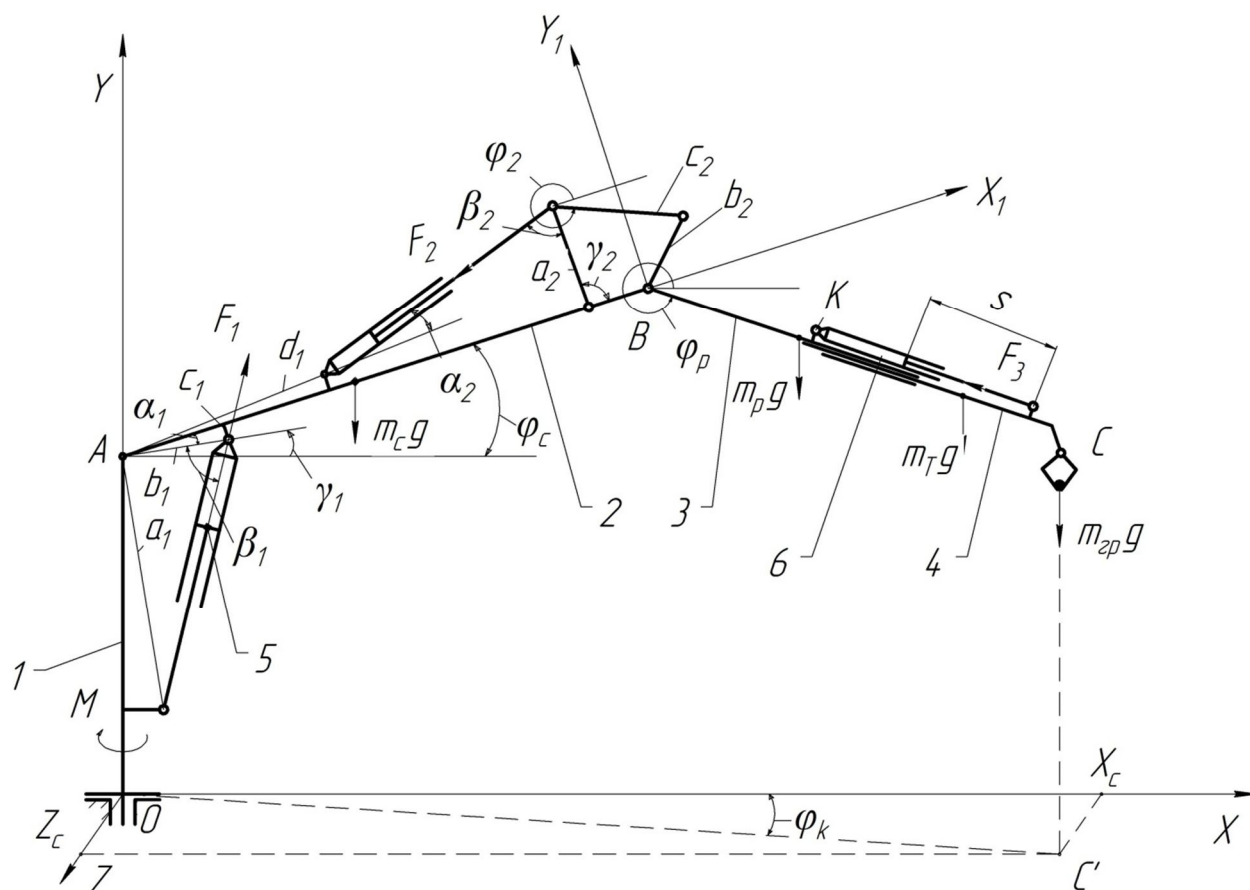
$\varphi_k, \varphi_c, \varphi_p$  – углы поворота колонны, стрелы, рукояти соответственно относительно заданных координатных осей;

$a_1, d_1, b_1, c_1, \alpha_1$  – заданные параметры механизма подъема стрелы [2];

$a_2, b_2, c_2, \gamma_2$  – заданные параметры механизма привода рукояти;

$\beta_1$  – текущее значение угла между осью гидроцилиндра подъема стрелы и прямой  $b_1$ ;

$\beta_2$  – текущее значение угла между осью гидроцилиндра привода рукояти и звеном  $a_2$ .



Кинематическая схема гидравлического манипулятора:

- 1 – колонна; 2 – стрела; 3 – рукоять; 4 – телескопическая секция;  
5 – гидроцилиндр привода стрелы; 6 – гидроцилиндр привода рукояти

Определяем число степеней свободы системы. Для данного случая оно равно 4.

Выбираем независимые обобщенные координаты  $q_i$ , число которых равно числу степеней свободы:

$q_1 = \varphi_k$  - угол поворота колонны относительно оси Y;

$q_2 = \varphi_p$  - угол поворота стрелы вокруг т. А;

$q_3 = \varphi_T$  - угол поворота рукояти вокруг т. В;

$q_4 = s$  - координата штока гидроцилиндра привода телескопической секции рукояти.

Записываем уравнения Лагранжа второго рода:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} &= Q_i; \\ (i = 1..4), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $T$  – кинетическая энергия системы,

$Q_i$  – обобщенные силы.

Последовательно задавая элементарные положительные приращения ( $\delta q_i > 0$ ), вычисляем соответствующие обобщенные силы  $Q_i$ . Для этого вычисляем сумму работ моментов и сил на соответствующих приращениях. При  $\delta q_1 \neq 0$ ,  $\delta q_2 = 0$ ,  $\delta q_3 = 0$ ,  $\delta q_4 = 0$  сумма элементарных работ  $\delta A$  всех активных сил и моментов будет равна

$$\sum \delta A = \delta A(M) = M \delta q_1, \quad (2)$$

где  $M$  – момент от гидроцилиндров поворота колонны.

Обобщенная сила на заданном возможном перемещении из равенства (2):

$$Q_1 = M.$$

При  $\delta q_2 \neq 0$  сумма элементарных работ  $\delta A$  всех активных сил равна

$$\begin{aligned} \sum \delta A &= \delta A(F_1) + \delta A(m_c g) + \delta A(F_2) + \delta A(m_p g) + \delta A(m_T g) + \\ &+ \delta A(F_3) + \delta A(m_{zp} g). \end{aligned} \quad (3)$$

Обобщенная сила на заданном возможном перемещении из равенства (3):

$$\begin{aligned} Q_2 &= F_1 \sin \beta_1 b_1 - 0.5 l_c m_c g \sin \phi_1 - F_2 d_1 \sin \alpha_2 - (l_c \cos \phi_1 + 0.5 l_p \cos(2\pi - \\ &- \phi_p)) m_p g - (l_c \cos \phi_1 + (l_p + 0.5 l_T) \cos(2\pi - \phi_p)) m_T g + F_3 l_c \sin(\phi_1 + (2\pi - \\ &- \phi_p)) - (l_c \cos \phi_c + (l_p + l_T) \cos \phi_2) m_{zp} g. \end{aligned}$$

При  $\delta q_3 \neq 0$ ; сумма элементарных работ  $\delta A$  всех активных сил равна

$$\sum \delta A = \delta A(F_2) + \delta A(m_p g) + \delta A(m_T g) + \delta A(m_{zp} g). \quad (4)$$

Обобщенная сила на заданном возможном перемещении из равенства (4):

$$Q_3 = -0.5l_p \cos(2\pi - \phi_p)m_p g - (l_p + 0.5l_T)\cos(2\pi - \phi_2)m_T g + \\ + F_2 c_2 \sin \beta_2 \frac{\sin(\phi_3 - \phi_2)}{\sin(\gamma_2 - \phi_2)} - (l_p + l_T)\cos(2\pi - \phi_p)m_{zp} g.$$

При  $\delta q_4 \neq 0$  сумма элементарных работ  $\delta A$  всех активных сил равна

$$\Sigma \delta A = \delta A(F_3) + \delta A(m_T g) + \delta A(m_{zp} g). \quad (5)$$

Обобщенная сила на заданном возможном перемещении из равенства (5):

$$Q_4 = -m_T g \sin \varphi_p - m_{zp} g \sin \varphi_p + F_3.$$

Ранее авторами была рассчитана кинетическая энергия аналогичной механической системы с тремя степенями свободы [3]. Следовательно, добавив кинетическую энергию телескопической части рукояти манипулятора в виде  $T_4 = \frac{m_T \dot{q}_4^2}{2}$  и подставив все полученные выражения в уравнения (1), получим дифференциальные уравнения для дальнейших исследований.

#### *Библиографический список*

1. Добрачев А.А. Кинематические схемы, структуры и расчет параметров лесопромышленных манипуляторных машин / А.А. Добрачев, Л.Т. Раевская, А.В. Швец. Монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2014. С. 128.
2. Емтыль З.К., Татаренко А.П. О влиянии податливости рабочей жидкости и элементов гидропривода на динамическую нагруженность гидроманипулятора при совмещении движения звеньев // Труды «ФОРА». Изд-во АГУ. 2000. № 5. С. 89-95.
3. Дахиев Ф.Ф., Раевская Л.Т. Расчет кинетической энергии манипулятора с тремя степенями свободы // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. IX Всерос. науч.-техн. конф. Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург : УГЛТУ, 2013. Ч. 2. С. 33-36.