кинематические углы φ и τ представляют те же углы движения α_d и α_d', рассчитанные для боковой и задней граней резца [4].

Изложенная кинематика режущего инструмента исполнительного механизма может быть использована при разработке методологии расчета кинематических углов резцов в процессе резания и ориентации режущего инструмента относительно траектории его движения.

Список использованных источников

1. Грановский, Г. И. Кинематика резания / Г. И. Грановский. – Москва : Машгиз, 1947. – 200 с.
2. Локтионов, А. В. Результаты испытаний проходческого комбайна с продольно-осевыми режущими головками / А. В. Локтионов, Б. И. Яцков, В. Б. Богданов // Метро. – Москва, 1996. – № 4–5. – С. 34–36.
3. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1973. – 832 с.
4. Локтионов, А. В. Расчет кинематических параметров при сферическом движении исполнительного механизма / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика: междунар. науч.–техн. сборник. – Минск, 2016. – № 31. – С. 323–329.
5. Локтионов, А. В. Теория расчета кинематических параметров режущего инструмента пространственных исполнительных механизмов / А. В. Локтионов // Механика. Исследования и инновации: междунар. сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 9. – С.85–91.

УДК 531.312.1

ОБЩЕЕ УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАСЧЕТУ МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Локтионов А.В., д.т.н., проф., Буткевич В.Г., к.т.н., доц., Беган В.В., студ., Векша И.А., студ.

Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. *В статье рассмотрен расчёт дифференциального уравнения движения малых колебаний эллиптического маятника методом Даламбера-Лагранжа. Получены дифференциальные уравнения движения маятника и ползуна. Общее уравнение динамики целесообразно использовать при расчете дифференциальных уравнений механической системы с двумя и более степенями свободы.*

Ключевые слова: расчет, метод Даламбера-Лагранжа, дифференциальные уравнения, маятник, ползун.

Для расчёта дифференциальных уравнений движения ползуна и маятника, и закона движения ползуна (рис. 1) применим принцип Даламбера-Лагранжа [1–4].

К действующим силам $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_2$ присоединим силы инерции ползуна А в поступательном движении и маятника В в сложном движении. Значение силы инерции ползуна А: $\Phi_1 = \mathrm{m}_1 a_1 = \frac{\mathrm{P}_1}{\mathrm{g}}\ddot{\mathrm{x}}$. Сила инерции маятника В: $\overrightarrow{\Phi_{\mathrm{B}}} = -\mathrm{m}_2\vec{a}_{\mathrm{B}} = -\frac{\mathrm{P}_2}{\mathrm{g}}(\vec{a}_{\mathrm{e}} + \vec{a}_{\mathrm{r}}^{\tau} + \vec{a}_{\mathrm{r}}^{\mathrm{n}} + \vec{a}_{\mathrm{k}})$.

Тогда значение переносной силы инерции:

$$\Phi_{\mathrm{e}} = \frac{\mathrm{P}_2}{\mathrm{g}} a_{\mathrm{e}} = \frac{\mathrm{P}_2}{\mathrm{g}}\ddot{\mathrm{x}}.$$

Касательная составляющая силы инерции в относительном движении:

$$\Phi_r^{\tau} = m_2 a_r^{\tau} = \frac{P_2}{g} l\ddot{\varphi}.$$

Нормальная составляющая силы инерции маятника В в относительном движении:

$$\Phi_r^{n} = m_2 a_r^{n} = \frac{P_2}{g} l\dot{\varphi}^2.$$

Ускорение Кориолиса равно нулю.

Независимыми координатами, определяющими положение данной системы, являются перемещение x ползуна A и угол поворота φ. Зададим два возможных перемещения δx и δφ, направленных в сторону возрастания координат x и φ.

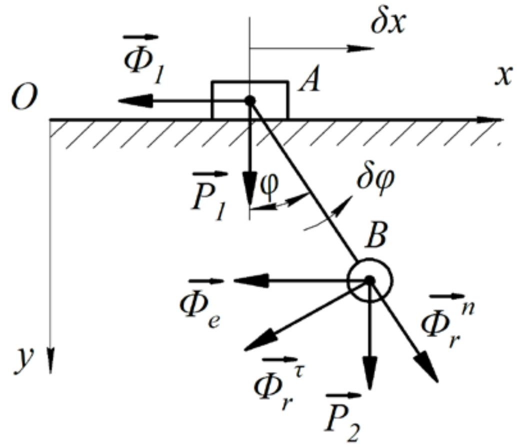

Рисунок 1 – Расчетная схема движения ползуна эллиптического маятника

Составим дифференциальное уравнение движения системы, соответствующее приращению координаты x, при этом $\delta x \neq 0,\ \ \delta\varphi = 0.$

Получим общее уравнение динамики:

$$\left(-\Phi_1 - \Phi_e - \Phi_r^\tau \cos\varphi + \Phi_r^n \sin\varphi\right)\delta x = 0.$$

Так как $\delta x \neq 0,$ приравниваем нулю выражение, стоящее в скобках. Подставив значения сил инерции, получим:

$$-\frac{P_1 + P_2}{g}\ddot{x} - \frac{P_2}{l}\ddot{\varphi}\cos\varphi + \frac{P_2}{g}l\dot{\varphi}^2 \sin\varphi = 0. \tag{1}$$

Составим дифференциальное уравнение движения системы, соответствующее приращению координаты φ, при этом $\delta\varphi \neq 0,\ \ \delta x = 0.$ Тогда общее уравнение динамики примет вид:

$$-\left(\Phi_e l \cos\varphi + \Phi_r^\tau l + P_2 l \sin\varphi\right)\delta\varphi = 0.$$

Полагая в этом выражении $\delta\varphi \neq 0$ и подставляя значения сил инерции, приравняем нулю стоящее в скобках выражение, получим:

$$\frac{P_2}{g}l\ddot{x}\cos\varphi - \frac{P_2}{l}l^2\ddot{\varphi} + P_2 l \sin\varphi = 0. \tag{2}$$

Считая колебания малыми, полагаем, что $\cos\varphi \approx 1,\ \sin\varphi \approx \varphi.$ Пренебрегая величинами второго порядка малости, уравнения (1) и (2) приведем к виду:

$$\frac{P_1 + P_2}{g}\ddot{x} + \frac{P_2}{l}\ddot{\varphi} = 0,$$

$$\frac{P_2}{g}l\ddot{x} + \frac{P_2}{g}l^2\ddot{\varphi} + P_2 l\varphi = 0. \tag{3}$$

Используя дифференциальные уравнения малых колебаний системы с двумя степенями свободы применительно к эллиптическому маятнику, получим:

$$k^2 = \frac{(P_1 + P_2)g}{P_1 l}. \tag{4}$$

Представим систему уравнений (3) в виде:

$$\ddot{x} = -\frac{P_2 l}{P_1 + P_2}\ddot{\varphi}, \qquad (5)$$

$$\ddot{x} + l\ddot{\varphi} + g\varphi = 0. \qquad (6)$$

Подставив значение $\ddot{x}$ в уравнение (6), получим:

$$\frac{P_1 l}{P_1 + P_2}\ddot{\varphi} + g\varphi = 0,$$

или

$$\ddot{\varphi} + k^2\varphi = 0, \qquad (7)$$

где

$$k^2 = \frac{(P_1 + P_2)g}{P_1 l}.$$

Полученное значение k^2 соответствует значению (4), полученному с помощью уравнения частот.

Представим общее решение дифференциального уравнения (7) в виде:

$$\varphi = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt. \qquad (8)$$

Уравнение, определяющее угловую скорость, имеет вид:

$$\dot{\varphi} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt. \qquad (9)$$

Начальные условия: при $t_0 = 0$ $\varphi_0 = 0,$ $\dot{\varphi}_0 = \omega_0.$ Подставляя начальные условия в уравнения (8) и (9), найдем значения коэффициентов C_1 и C_2. Получим:

$$C_1 = 0,\ C_2 = \frac{\omega_0}{k} = \omega_0\sqrt{\frac{P_1 l}{\left(P_1 + P_2\right)g}}.$$

Уравнение малых колебаний маятника будет иметь вид:

$$\varphi = \frac{\omega_0}{k}\sin kt, \qquad (10)$$

или

$$\varphi = \omega_0\sqrt{\frac{P_1 l}{\left(P_1 + P_2\right)g}}\sin\sqrt{\frac{\left(P_1 + P_2\right)g}{P_1 l}}t. \qquad (11)$$

Продифференцировав дважды уравнение (11), имеем:

$$\ddot{\varphi} = -\omega_0 k \sin kt.$$

Тогда уравнение (5) примет вид:

$$\ddot{x} = \frac{P_2 l \omega_0}{P_1 + P_2} k \sin kt.$$

Проинтегрировав дважды это уравнение, определим уравнение движения ползуна:

$$x = x_0 + \frac{P_2 l \omega_0}{P_1 + P_2}(t - \sqrt{\frac{P_1 l}{\left(P_1 + P_2\right)g}}\sin\sqrt{\frac{\left(P_1 + P_2\right)g}{P_1 l}}t. \qquad (12)$$

Список использованных источников

1. Локтионов, А. В. Расчет уравнения движения малых колебаний эллиптического маятника с заданной начальной угловой скоростью его движения / А. В. Локтионов, С. А. Сеньков // Теоретическая и прикладная механика : междунар. науч.-техн. журнал. – Минск, 2011. – № 26. – С. 138–143.
2. Локтионов, А. В. Расчет уравнения малых колебаний при сложном движении эллиптического маятника / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика : междунар. науч.-техн. сборник. – Минск, 2014. – № 29. – С. 290–293.
3. Локтионов, А. В. Аналитические методы расчета малых колебаний маятника / А. В. Локтионов, С. В. Рубик // Современные проблемы машиноведения: тез. докл. XI Междунар. науч. техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П.О. Сухому). – Гомель: ГГТУ,

2016. – С. 215.
4. Локтионов, А. В. Расчет уравнения малых колебаний с учетом сил тяжести и заданной начальной угловой скорости движения маятника / А. В. Локтионов // Горная механика и машиностроение : научно-техн. журнал. – Солигорск, 2018. – № 1.– С. 43–48.

УДК 677.054.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЛИЯНИЯ И ОШИБКИ ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДАЧИ ДВИЖЕНИЯ ОТ НОЖЕЙ К ЖУРАВЛЮ

Буткевич В.Г.[1], к.т.н., доц., Локтионов А.В.[1], д.т.н., проф., Дубаневич Д.Т.[2], ст. преп., Тёмкин Д.А.[1],студ.

[1]Витебский государственный технологический университет,
[2]Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,

г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. *В статье рассмотрены вопросы определения коэффициента влияния и ошибки положения на приторе механизма передачи движения от ножей к журавлю современного ткацкого станка. Полученные формулы позволяют повысить точность позиционирования узлов станка.*

Ключевые слова: механизм, схема, нож, привод, положение, ошибка, исследование.

Ткацкие станки представляют сложный механизм, в кинематической схеме которого широко представлены кривошипно-шатуные, кривошипно-ползунные, рычажные, кулачковые и другие базовые механизмы [1]. В предлагаемой работе представлено исследование, целью которого является определение коэффициента влияния ошибки положения механизма передачи движения от ножей к журавлю современного ткацкого станка. На рисунке 1 представлена схема исследуемого механизма [2]. Ниже приведен расчет коэффициента влияния и ошибки положения механизма. Для этого реализована методика, используемая для кинематического исследования механизма аналитическим методом, в курсе «Теория механизмов и машин» [3].

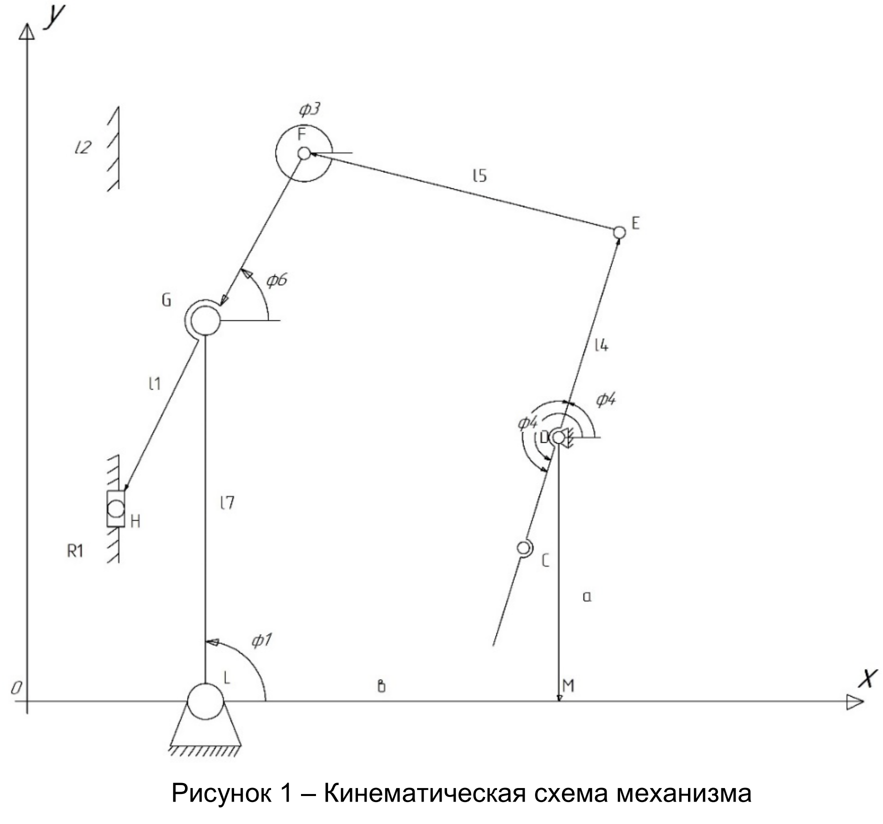

Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма