

кавитация, условия возникновения и протекания которой определяют основные зависимости эмульгирования от интенсивности и частоты ультразвука, температуры, давления, наличия растворенных газов и т.п. Процессы акустического эмульгирования перспективно использовать при мыловарении, при обезвоживании сырой нефти и очистке нефтяных емкостей и танкеров, в технологии производства пищевых продуктов (сливочного масла, маргарина), при получении битумных (асфальтовых) эмульсий, при переработке эмульсий натурального каучука, получения консистентных смазок, охлаждающих жидкостей для металлообработки, при производстве эмульсионных красок (водо-дисперсионных, водоземлюсионных и латексных) и т.д. Ультразвук ускоряет и качественно улучшает процесс гомогенизации. Под действием ультразвука оболочки жировых шариков (так называемые липидные оболочки) разрываются, шарики теряют устойчивость и делятся. Ультразвуковая обработка позволяет не только гомогенизировать молочный жир, с ее помощью можно диспергировать в молоке различные добавки, например, растительный жир, сиропы, порошки, в том числе диспергировать сухое молоко, разрушая комки сухого вещества и ускоряя его растворение.

Список использованных источников

1. <http://www.uzo.matrixplus.ru/ultramedbio04.htm>
2. <https://superbotanik.net/referati/referaty-po-fizike/referat-ultrazvuk-i-ego-primenenie>
3. http://otherreferats.allbest.ru/physics/00216326_0.html

УДК 531.312.1

КИНЕТОСТАТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Локтионов А.В., д.т.н., проф., Рубик С.В., студ.

Витебский государственный технологический университет,

г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. *Изложен кинетостатический метод расчета уравнения движения малых колебаний маятника с заданной начальной угловой скоростью его движения. При этом использована основная формула условия равновесия рассматриваемой механической системы. Принцип Даламбера используется применительно и к ползуну. Получены уравнение свободных колебаний маятника и закон движения ползуна в зависимости от времени и заданной начальной угловой скорости вращения маятника.*

Ключевые слова: маятник, колебания, уравнения движения, эллиптический маятник, условия равновесия, принцип Даламбера, уравнение колебаний маятника, закон движения ползуна.

В работах [1, 2] получено дифференциальное уравнение гармонических колебаний эллиптического маятника, состоящего из ползуна, шарика и стержня. Для решения использовано уравнение Лагранжа. При этом принято, что на маятник не действует сила тяжести и потенциальная энергия системы равна нулю. Установлено, что при исследовании следует рассматривать сложное движение эллиптического маятника.

В работе [3] предложено установить максимальное давление ползуна на горизонтальную плоскость в зависимости от угла отклонения маятника и рассмотреть кинетостатический метод расчета уравнения движения малых колебаний маятника.

В работе изложен кинетостатический метод расчета уравнения движения малых колебаний маятника с заданной начальной угловой скоростью его движения. При этом использована основная форма условий равновесия рассматриваемой механической системы, состоящей из ползуна, шарика и стержня, и принято, что на маятник действуют силы тяжести ползуна и шарика.

Для расчета реакции ползуна составлена расчетная схема. Принцип Даламбера используется применительно и к ползуну. Получены уравнение свободных колебаний маятника и закон движения ползуна в зависимости от времени и заданной начальной угловой скорости вращения маятника.

Рассмотрим эллиптический маятник, который состоит из ползуна, перемещающегося без трения по горизонтальной прямой, и шарика, подвешенного к ползуну нерастяжимым

стержнем. Масса ползуна равна m_A , масса шарика – m_B , длина стержня – l .

По расчетной схеме (рисунок 1) принимаем, что в начальный момент $\varphi = \varphi_0 = 0$, а угловая скорость $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0 \neq 0$. Найдем с помощью принципа Даламбера закон движения ползуна и шарика в зависимости от заданных начальных условий, при которых $\dot{\varphi}_0 = \omega_0 \neq 0$.

На систему действуют силы тяжести P_A , P_B и динамическая реакция ползуна N . Присоединяем к этим силам касательную и нормальную силы инерции Φ_τ и Φ_n и при поступательном движении ползуна – силу инерции Φ_A . Полученная система сил, согласно принципу Даламбера, будет находиться в равновесии. При этом $\Phi_\tau = m_B a_\tau = m_B \varepsilon l$, $\Phi_n = m_B a_n = m_B \omega^2 l$, $\Phi_A = m_A a_A = m_A \ddot{x}$.

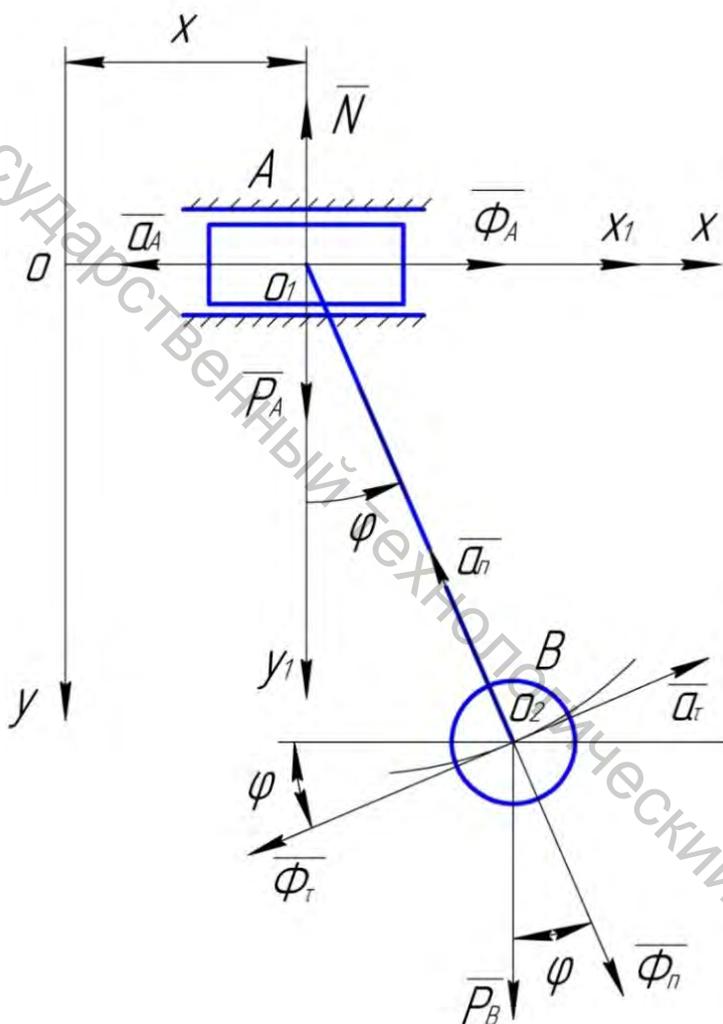


Рисунок 1 – Расчетная схема движения эллиптического маятника

Уравнения равновесия будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} &= \Phi_A - \Phi_\tau \cos \varphi + \Phi_n \sin \varphi = 0, \\ \sum F_{ky} &= P_A + P_B - N + \Phi_\tau \sin \varphi + \Phi_n \cos \varphi = 0, \\ \sum m_{O_2}(\vec{F}_k) &= P_A l \sin \varphi - N l \sin \varphi - \Phi_A l \cos \varphi = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

При этом координатные оси совпадают с направлением сил тяжести, а центр моментов совпадает с центром тяжести шарика.

Для определения реакции N воспользуемся принципом Даламбера применительно к ползуну.

Составим сумму проекций всех сил на ось, перпендикулярную стержню:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx_2} &= -P_A \sin \varphi + \Phi_A \cos \varphi + N \sin \varphi = 0, \\ -m_A g \sin \varphi + m_A \ddot{x}_A \cos \varphi + N \sin \varphi &= 0. \\ N &= \frac{m_A g \sin \varphi - m_A \ddot{x}_A \cos \varphi}{\sin \varphi} = \frac{(m_A g) \varphi - m_A \ddot{x}_A}{\varphi}. \end{aligned}$$

Тогда

Учитывая, что при малых колебаниях $\sin \varphi \approx \varphi$, $\cos \varphi \approx 1$, из уравнений (1) получим дифференциальное уравнение малых колебаний маятника в виде

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l} \varphi = 0 \text{ или } \ddot{\varphi} + k^2 \varphi = 0. \quad (2)$$

Следовательно, маятник совершает гармонические колебания, а частота малых колебаний маятника определяется из выражения $k = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

Общее решение дифференциального уравнения свободных колебаний маятника имеет вид $\varphi = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt$, где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования.

С учетом начальных условий: при $t = t_0 = 0$, $\varphi = \varphi_0$, $\dot{\varphi} = \omega = \omega_0$ получим:

$$C_1 = \varphi_0, \quad \dot{\varphi} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt, \quad C_2 = \frac{\omega_0}{k}.$$

Уравнение малых колебаний эллиптического маятника будет иметь вид:

$$\varphi = \varphi_0 \cos kt + \frac{\omega_0}{k} \sin kt.$$

При принятых начальных условиях $\varphi = \varphi_0 = 0$, $\dot{\varphi} = \omega = \omega_0$ получим: $C_1 = 0$, $C_2 = \frac{\omega_0}{k}$.

Уравнение свободных колебаний маятника при $\varphi_0 = 0$ принимает вид: $\varphi = \frac{\omega_0}{k} \sin kt$. (3)

Для ползуна принято, что при $t = t_0 = 0$, $x = x_0 = 0$, $V_x = V_0 = 0$.

Установлено, что закон движения ползуна в зависимости от времени и заданной начальной угловой скорости вращения маятника имеет вид

$$x = \frac{m_B}{m_A} (g + \omega_0^2 l) \frac{\omega_0 l}{g} \left(\sqrt{\frac{l}{g}} \sin kt - t \right). \quad (4)$$

Установлено, что при расчете малых колебаний эллиптического маятника с использованием уравнений Лагранжа не учитываются силы тяжести. Применение принципа Даламбера позволяет упростить методику расчета уравнения движений ползуна и шарика эллиптического маятника.

Предложенный метод расчета малых колебаний маятника не требует определения динамической реакции ползуна с использованием дифференциального уравнения движения центра масс системы относительно вертикальной оси. Полученные равенства следует использовать при исследовании малых колебаний эллиптического маятника с учетом сил тяжести.

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.-тех. 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 :

международ. науч.-тех. сборник. – Минск, 2014. – № 29. – С. 290-293.

3. Москалёв, С. А. Методы расчета малых колебаний эллиптического маятника / С. А. Москалёв, А. В. Локтионов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 40.

УДК 531.1

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ МЕТОДОМ ЗАМКНУТЫХ ВЕКТОРНЫХ КОНТУРОВ

*Котович А.В., студ., Буткевич В.Г., доц., Ильющенко А.В., доц.,
Мачихо Т.А., доц., Краснер С.Ю., доц.*

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрен кинематический расчет рычажных механизмов методом замкнутых векторных контуров.

Ключевые слова: замыкание, четырехзвенник, вектор, контур, двухдиадный кулисный механизм.

Существуют различные методы кинематического анализа рычажных механизмов. Основной целью всех методов является установление зависимости координат выходного звена и входного. Данная задача решается наиболее просто, если определена функция положения. Вид функции положения зависит от кинематической схемы.

Если механизм содержит шатуны, кулисы или колебатели, то при составлении функции положения целесообразно использовать метод замкнутых векторных контуров.

Суть метода состоит в том, что, например, механизм второго класса представляют структурно состоящим из ряда четырехзвенников. Причем, выходное звено предыдущего четырехзвенника становится входным звеном последующего четырехзвенника. Выделив таким образом ряд контуров четырехзвенников, с каждым из них связывают систему координат. Вдоль каждого звена направляют вектор от шарнира к шарниру либо вдоль направляющих элементов кинематических пар. Вектор позволяет ориентировать звено в системе координат.

Затем составляется уравнение замкнутости векторного контура, которое проектируется на оси координат. Последующим дифференцированием уравнений в проекциях на оси координат получают параметры передаточной функции скоростей и передаточной функции ускорения. После этого рассчитываются значения скоростей и ускорений. Последовательно переходя от контура к контуру, определяют линейные скорости, ускорения характерных точек звеньев и угловые скорости, ускорения всех звеньев.

Рассмотрим использование метода замкнутых векторных контуров для двухдиадного кулисного механизма. Схема механизма представлена на рисунке 1.

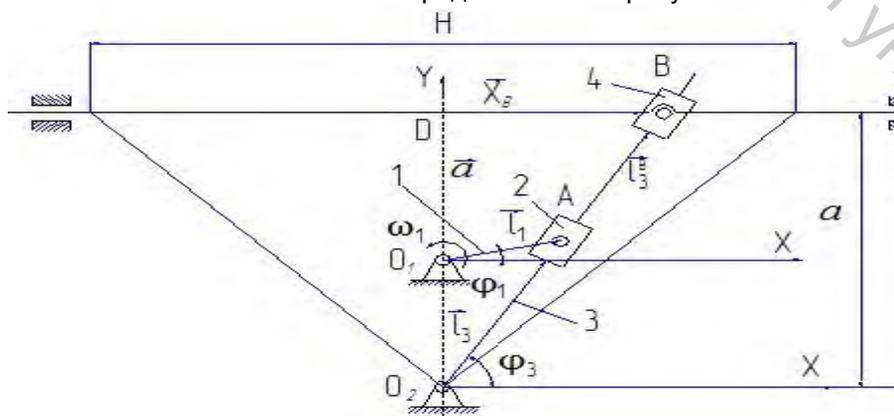


Рис. 1 – Схема двухдиадного кулисного механизма: 1 – кривошип; 2 – кулисный камень;