

TAGAYEV'S THEORY OF THE SPECIFIED CALCULATION OF THE COMPOUND PENDULUM ARM

H. Tagaev, Doctor of International Academy "Antique World", Director of Scientific Center of Inventions of Academy, Full professor, Lecturer
Jizzakh State Pedagogical Institute, Uzbekistan

Using the differential equation of rotation of the solid body around an immovable axle and the Steiner's theorem, the author has determined the state of the centre of gravity (the length of L is given) of a physical pile driver. It will clarify the matter of determination of impact strength of materials. It will also allow to describe the process of interaction between the blade of the pendulum pile driver and the tested sample, and also to determine the main constructive and power parameters.

Keywords: theory, definitions, arm, pendulum, Steiner, regulations, reduced length, strength, impact, sample, testing, performance parameters, pile driver.

Conference participant, National championship in scientific analytics, Open European and Asian research analytics championship


ТЕОРИЯ ТАГАЕВА ПО УТОЧНЕННОМУ РАСЧЕТУ ПЛЕЧО ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Тагаев Х., д-р международной академии "Antique World", директор научного центра изобретений академии, проф., преподаватель
Джизакский государственный педагогический институт, Узбекистан

Применяя дифференциальное уравнение вращения, твердого тела вокруг неподвижной оси и теорему Штейнера, определено плечо (приведенная длина $l_{пр}$) физического маятника, что внесет определенную ясность в вопросы теории определения ударной вязкости материалов и позволит описать процесс взаимодействия лезвия маятникового копра с испытываемым образцом, определить основные конструктивные и силовые параметры.

Ключевые слова: теория, определения, плечо, маятник, Штейнер, положения, приведенная длина, вязкость, удар, образец, испытания, силовые параметры, копер.

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:pmc.v0i7.1187>

За последние 40 лет появилось много журнальных статей и книг, посвященных ознакомлению с критериями оценки сопротивления конструкционных материалов, стеблей, растений и минеральных удобрений, к динамическим нагрузкам, которые основываются на определении энергии, затрачиваемой на срез, через плечо физического маятника.

Однако, среди этих статей и книг, при расчете плечо физического маятника, имеются разные формулировки, так некоторые из них плечо маятника предлагают определить, расстоянием от режущей кромки до оси подвески, а другие расстоянием от центра тяжести маятника до оси вращения.

Например, автор работ [1] при вычислении суммарной работы деформации разрушения испытываемого образца определяет по формуле $W = Fl (\cos \beta - \cos \alpha)$ кГс·м и предлагает определить плечо физического маятника обозначая l - через расстояние от режущей кромки лезвия ножа до оси подвески (рис.1), где α - угол первоначального подъема маятника; β - угол подъема маятника после совершения работы излома образца.

Автор работ [2, с. 271] В.Т. Седуков выражает его по следующей формуле:

$$A = G \cdot l (\cos \alpha - \cos \beta),$$

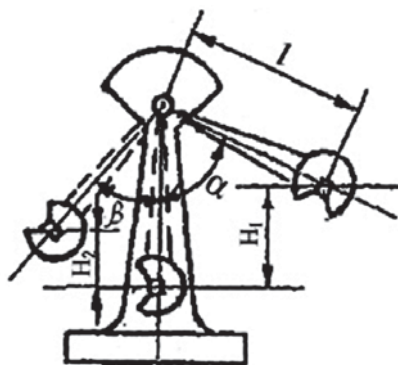


Рис.1.

где G - сила тяжести маятника; l - расстояние от режущей кромки лезвия ножа до оси подвески, см;

α - угол холостого взлета маятника;

β - угол рабочего взлета маятника;

Из формулы видно, что автор предлагает обозначение углов α и β , то есть при расчете получается результат с минусом. По нашему мнению, при таком обозначении углов α и β формулу нужно было выражать в виде $A = G \cdot l (\cos \beta - \cos \alpha)$

Авторы работ 3, 4 (с. 48) определяют суммарной работы, выражая l через r по формуле $A = G \cdot r (\cos \alpha - \cos \beta)$ кГс·м, где G -суммарный вес всех деталей маятника в кГс;

r - расстояния от центра тяжести маятника до оси вращения (Рис. 2);

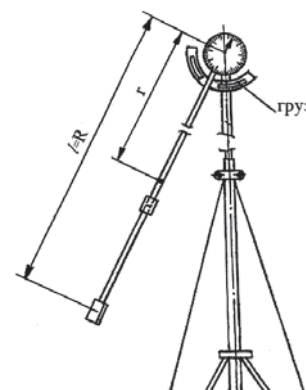


Рис.2.

β - угол исходного положения маятника;

α - угол взлета маятника после совершенной работы.

Поэтому, для выяснения влияния значения r и l на конечный результат произведем расчеты по формулам [1 и 4]. Исходные данные для расчета были приняты из [4, стр. 49]

$$W = Fl (\cos \beta - \cos \alpha) = 15 \cdot 1,99 (\cos 60^\circ - \cos 90^\circ) = 15,76 \text{ кГс}\cdot\text{м} \quad (1)$$

$$A = Gr (\cos \alpha - \cos \beta) = 15,9 \cdot 0,99 (\cos 60^\circ - \cos 90^\circ) = 7,85 \text{ кГс}\cdot\text{м} \quad (2)$$

Из вышеуказанного видно, что при всех прочих равных условиях результаты, полученные в этих двух формулах, будут различны.

Однако, значение r , в основном, зависит от места расположения груза,

так, если груз расположен на нижней (режущей) части, то значения r и l могут приблизиться друг к другу, в зависимости от величины силы тяжести стержня M_1 и диска M_2 , но не совпадут. Для доказательства этого, теоретически определяем положение центра качания простейшего маятникового копра.

Допустим, что маятниковый копер состоит из однородного стержня длиной l_c , к концу которого прикреплен круглый однородный диск с радиусом

$$r' = \frac{l_c}{8} \quad (\text{рис.3}).$$

В начальный момент маятник отклонен от вертикального, положения на угол φ_0 и ему была сообщена начальная угловая скорость φ_0' , масса диска в два раза больше массы стержня.

Выбрав направление положительного отсчета угла поворота φ_0 от вертикали против часовой стрелки, направим ось Z вдоль оси привеса маятника в точке O перпендикулярно к плоскости рисунка.

Внешними силами, приложенными к маятнику, являются: $P = M_1 g$ - сила тяжести стержня, $G = M_2 g$ - сила тяжести диска, и R_1 и R_2 - составляющие реакции оси подвеса маятника.

Применяем дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси:

$$I_z \cdot \varphi_0'' = \sum_{k=1}^n m_z(F_k^e) \quad (3)$$

Момент сил R_1 и R_2 , относительно оси привеса Z , равен нулю, следовательно:

$$\sum_{k=1}^n m_z(F_k^e) = m_z(P) + m_z(G) = -M_1 g \frac{l_c}{2} \sin \varphi_0 - M_2 g (l_c + r') \sin \varphi_0 \quad (4)$$

Знаки минус указывают, что направления момента сил P и G противоположны направлению положительного отсчета угла поворота φ_0

$$\text{Учитывая, что } M_2 = 2M_1 \text{ и } r' = \frac{l_c}{8}$$

получим, что сумма моментов внешних сил относительно оси Z будет

$$\sum_{k=1}^n m_z(F_k^e) = \frac{11}{4} M_1 g l_c \sin \varphi_0 \quad (5)$$

Вычислим момент инерции маятника относительно оси привеса Z как сумму моментов инерции стержня $I_z^{(1)}$ и $I_z^{(2)}$ диска относительно той же оси:

$$I_z = I_z^{(1)} + I_z^{(2)} \quad (6)$$

Применив теорему Штейнера и учитывая, что $M_2 = 2M_1$ и $r' = \frac{l_c}{8}$, на-

ходим

$$I_z^{(1)} = M_1 \frac{l_c^2}{12} + M_1 \left(\frac{l_c}{2}\right)^2 = M_1 \frac{1}{3} l_c^2 \approx 0,34 M_1 l_c^2 \quad (7)$$

$$I_z^{(2)} = M_2 \frac{r'^2}{2} + M_2 (l_c + r')^2 = M_2 \frac{l_c^2}{64} + M_2 \left(l_c^2 + \frac{l_c^2}{4} + \frac{l_c^2}{64}\right) = 1,28 M_2 l_c^2 \quad (8)$$

Подставив значение M_2 , получим

$$I_z^{(2)} = 1,28 \cdot 2 M_1 l_c^2 \approx 2,56 M_1 l_c^2 \quad (9)$$

следовательно, момент инерции маятника относительно оси привеса равен:

$$I_z = I_z^{(1)} + I_z^{(2)} = 0,34 M_1 l_c^2 + 2,56 M_1 l_c^2 = 2,9 M_1 l_c^2 \quad (10)$$

Подставив $\sum_{k=1}^n m_z(F_k^e)$ и I_z из

формулы (5) и (10) в уравнение (3), получим $2,9 M_1 l_c^2 \varphi_0'' = -2,75 g l_c \varphi_0$

$$\text{или } \varphi_0'' + \frac{2,75}{2,9 l_c} \sin \varphi_0 = 0$$

Рассмотрим малые колебания маятника, предположив, что $\sin \varphi_0 \approx \varphi_0$, тогда дифференциальное уравнение качаний маятника принимает вид:

$$\varphi_0'' + \frac{2,75 g}{2,9 l_c} \varphi_0 = 0, \text{ обозначив}$$

$$\frac{2,75 g}{2,9 l_c} = k^2 \quad (11)$$

перепишем полученное уравнение так

Круговая частота колебаний

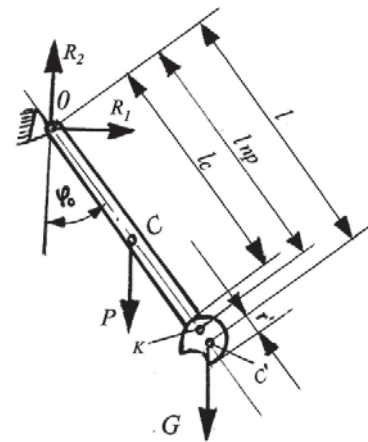


Рис.3.

$$k = \sqrt{\frac{2,75 \cdot g}{2,9 \cdot l_c}} \text{ от начальных условий}$$

движения не зависит.

Для определения положения центра качаний данного маятника следует учесть, что центр качаний отстает от точки привеса O на расстояние приведенной длиной l_{np} физического маятника (приведенной длиной физического маятника называется длина нити математического маятника, круговая частота качаний которого равна круговой частоте качаний данного физического маятника).

Круговая частота колебаний ка-

чаний математического маятника

$$K_M = \sqrt{\frac{g}{l_c}} \text{ для рассматриваемого фи-}$$

зического маятника $K_\varphi = \sqrt{\frac{2,75 \cdot g}{2,9 \cdot l_c}}$

Приравняв квадраты круговых частот K_M и K_φ , находим приведенной длиной физического маятника

$$l_{np} = l_c \frac{2,9}{2,75}$$

Следовательно, центр качаний данного маятникового копра отстает от точки привеса O на расстоянии

$$l_c \frac{2,9}{2,75} \text{ или } l_{np} = 1,47 l_c \text{ (рис.3).}$$

Чтобы выяснить влияние l_{np} и l - расстояние от режущей кромки лезвия ножа до оси подвески на величину энергии, затрачиваемой на срез, произведем соответствующие расчеты по следующим данным:

$$l_c = 2 M r^1 = l_c / 8 = 0,25 M,$$

откуда расстояния от центра качания маятникового копра до точки привеса l_{np} будет равно: $l_{np} = 1,47 \cdot l_c = 1,47 \cdot 2 = 2,94$ м, а длина маятника или расстояние от режущей кромки лезвия ножа до оси подвески $l = l_c + r' = l_c + l_c / 8 = 2 + 2 / 8 = 2,25$ м, следовательно, энергия, затрачиваемая на срез по значениям l_{np} и l , будет равна:

$$A_1 = G \cdot l_{np} (\cos 60^\circ - \cos 90^\circ) = 15,9 \cdot 2,94(0,5 - 0) = 16,6 \text{ кГс}\cdot\text{м}$$

$$A_2 = G l (\cos 60^\circ - \cos 90^\circ) = 15,9 \cdot 2,25(0,5 - 0) = 18 \text{ кГс}\cdot\text{м}$$

Отсюда следует, что разница составляет 8%, что соответствует значению $\frac{M_2}{M_1} = 2$ или $M_2 = 2 M_1$. Однако, основным фактором, влияющим на значения l_{np} и A_1 , является величина $\frac{M_2}{M_1}$. Например, для случая $M_2 = M_1$ из формулы (8)

$$J_z^{(2)} = 1,28 M_2 l_c^2 = 1,28 M_1 l_c^2$$

$$J_z = J_z^{(1)} + J_z^{(2)} = 0,34 M_1 l_c^2 + 1,28 M_1 l_c^2 = 1,62 M_1 l_c^2$$

производя аналогичные расчеты, получим

$$l_{np} = 1,62 / 2,75 l_0 \approx 0,66 \cdot 2 = 1,32 M$$

$$A_1 = 15,9 \cdot 1,32(0,5 - 0) = 10,45 \text{ кГс}\cdot\text{м},$$

а при этом разница результатов между значениями A_1 и A_2 составляет 42 % и т.д.

Из сравнительных расчетов видно, что с уменьшением массы груза M_1 пропорционально уменьшается значение l_{np} и соответственно, увеличивается разница величины результатов между A_1 и A_2 .

Анализируя приведенные примеры расчетов, можно сделать вывод, что величина расстояния r , от оси вращения до центра тяжести (приведенная длина l_{np}) маятникового копра зависит от массы груза и его места расположения. Для конструкций маятниковых копр - динамографов, с закрепленным грузом на его верхней

части [4] (рис.2), с увеличением веса груза значение r уменьшается, а для конструкции маятниковых копров, в которых груз закрепляется на нижней части маятника [2] (рис. 1) наоборот, с увеличением веса груза увеличивается.

Как видно определение работы, совершаемой маятником, на срезе установленной стружки образца достаточно полно изложено в [4] и для используемых в ней понятий l - плечо физического маятника и r - расстояние от центра тяжести маятника до оси его вращения, который нетрудно найти ясное физическое толкование.

Здесь надо заметить, что авторы статьи [1] и книги [2] ошибаются, так как l зависит от конструктивной особенности стержня и места установки груза на маятнике.

Таким образом, показана возможность применения данной теории для определения положения плечо физического маятника, которые должны внести определенную ясность в вопросы теории определения ударной вязкости материалов. Сущность этой теории надо учитывать при определении ударной вязкости материалов, в противном случае могут быть ошибочные результаты. Поэтому целесообразно было бы ввести данную теорию при изучении курсов: физика; теоретической механики; сопротивление материалов в виде теоретических знаний и лабораторной работы.

References:

1. Llai S.I., Ezhevskaja. R.A., Antonenko. E.I. Praktikum po mashinovedeniju [Practical notes on the engineering science]. - Moskva., «Prosveshhenie» 1985. Dinamicheskie ispytaniya na izgib (udarnaja proba) [Dynamic tests for a bend (shock test)], pp. 111-114
2. Sedukov. V.T, Issledovanie processa razrusheniya slezhavshijsja mineral'nyh udobrenij rezaniem [Research of the process of destruction of packed mineral fertilizers by cutting]. CNIIMJeSH nechernozemnoj zony SSSR [CSRIMEA of the nonchernozem zone USSR]. Proceedings, Vol. II. Publishing house «Vysshaja shkola». - Minsk., 1964., pp. 270-277;

3. Bogdanov. P.P. Skorostnoe rezanie stebel'nyh materialov na ustanovkah majatnikovogo tipa - «Mechanizacija i jelektrifikacija socialisticheskogo sel'skogo hozjajstva» [High-speed cutting of the caulescent materials using the pendular type devices - «Mechanization and electrification of socialist agriculture»]. - 1972., No. 4., pp. 51-52;

4. Reznik. N.E. Teorija rezaniya lezviem i osnovy rascheta rezhushhih apparatov [The theory of cutting by a blade and foundations of calculations related to the cutting devices] - Moskva., «Mashinostroenie». 1975., Jeksperimental'nye issledovaniya processa rezaniya materiala v sloe [Experimental studies on the process of cutting of material in a layer]., pp. 44-50.

Литература:

1. Ллаи С.И., Ежевская. Р.А., Антоненко. Е.И. Практикум по машиноведению. - Москва., «Просвещение» 1985. Динамические испытания на изгиб (ударная проба), с. III-114
2. Седуков. В.Т, Исследование процесса разрушения слежавшихся минеральных удобрений резанием. ЦНИИМЭСХ нечерноземной зоны СССР. Труды, том II. Издательство «Высшая школа». - Минск., 1964., с. 270-277;
3. Богданов. П.П. Скоростное резание стебельных материалов на установках маятникового типа - «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства». - 1972., №4., с. 51-52;
4. Резник. Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов - Москва., «Машиностроение». 1975., Экспериментальные исследования процесса резания материала в слое, с. 44-50.

Information about author:

1. Hojamberdi Tagaev – Doctor of International Academy “Antiguo World”, Director of Scientific Center of Invantions of Academy, Full professor, Lecturer, Jizzakh State Pedagogical Institute; address: Uzbekistan, Jizzakh city; e-mail: bahrom.ms_@inbox.ru