

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

В разделе публикуются исследовательские работы школьников, выполненные в самых разных областях знаний. В журнале представлены исследования участников различных всероссийских конкурсов и конференций. Работы прокомментированы учёными — специалистами в данных областях науки. Цель комментария — обратить внимание читателя как на сильные, так и на слабые стороны публикуемой работы; на различные методические и содержательные аспекты проведённого исследования.

И
н
ж
е
н
е
р
н
о
е
н
а
п
р
а
в
л
е
н
и
е

Проект судового подъёмного крана с уклосиной, параллельной палубе, с использованием круглого барабана переменного сечения

Автор: Шатохин Кирилл,

11 класс Гимназии №4 г. Мурманска

Научные руководители:

Бродский Исай Лазаревич,

кандидат технических наук, профессор Мурманского областного института повышения квалификации работников образования и культуры;

Бережнов Сергей Геннадьевич,

учитель технологии гимназии №4 г. Мурманска

В работе [1] предложены теория и расчёт круглых барабанов переменного сечения, позволяющие решать две задачи: задачу синтеза и анализа.

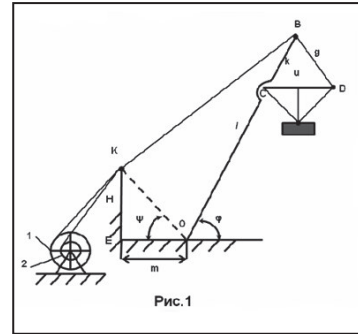
Задача анализа предусматривает выявления закона сматывания нити в зависимости от угла поворота барабана, если барабан задан. Задача синтеза состоит в определении контура осевого сечения барабана, если задана длина сматываемой нити, как функция его угла поворота.

В настоящей работе предложен судовый подъёмный кран, конструкция которого включает в себя круглый барабан переменного



сечения. Назначение крана – передача грузов и людей на борт судна в открытом море [2]. Для чего предусматривается укосина CD (рис.1), остающаяся параллельной палубе при любом наклоне стрелы OB. Груз поднимется с помощью трифилярной подвески, верхние блоки которой укреплены на укосине. Такая конструкция позволяет удерживать груз в относительном равновесии или в движении по нормали к палубе в условиях небольшой бортовой и килевой качках.

В схеме, представленной на рис.1, два барабана 1 и 2 жёстко закреплены на общем валу, при этом нить ВК, регулирующая наклон стрелы OB наматывается на цилиндрический барабан 1, а нить ВВК, регулирующая положение укосины CD, наматывается на барабан переменного сечения 2. В работе представлен расчёт нецилиндрического барабана 2.



Связь между длиной KB и углом без учёта кратности полиспаста:

$$KB^2 = OK^2 + OB^2 - 2 \cdot OK \cdot OB \cdot \cos \angle KOB$$

или:

$$S_1 = \sqrt{H^2 + m^2 + l^2 + 2\sqrt{m^2 + H^2}l \cos(\varphi + \psi)} \quad (1)$$

Аналогично для второй нити:

$$S_2 = S_1 + g = \sqrt{H^2 + m^2 + l^2 + 2\sqrt{m^2 + H^2}l \cos(\varphi + \psi)} + \sqrt{u^2 + k^2 - 2uk \cos \varphi} \quad (2)$$

Алгоритм проектирования спаренных барабанов следующий: решаем уравнение (1) относительно угла φ :

$$\varphi = \cos^{-1} \left(\frac{S_1^2 - H^2 - m^2 - l^2}{2l\sqrt{H^2 + m^2}} \right) - \psi \quad (3)$$

Затем подставляем полученное выражение в формулу (2):

$$S_2 = S_1 + \sqrt{u^2 + k^2 - 2uk \cos \left(\cos^{-1} \left(\frac{S_1^2 - H^2 - m^2 - l^2}{2l\sqrt{H^2 + m^2}} \right) - \psi \right)} \quad (4)$$

Далее необходимо задаться радиусом цилиндрического барабана R, шагом намотки троса h. Затем находим зависимость между длиной вытравленной нити и нити, намотанной на барабан, от угла поворота барабана:

$$S_1 = S_{1_0} - \theta \sqrt{R^2 + p^2} \quad (5)$$

– где S_{10} – длина нити КВ, соответствующая нижнему положению стрелы.

$$\text{Аналогично для второй нити: } S_2(\theta) = S_{2_0} - S_2 \quad (6)$$

После подставим выражение (5) в (4), (4) в (6) и получим искомую зависимость $S_2(\theta)$:

$$S_2(\theta) = S_{2_0} - S_{1_0} + \theta\sqrt{R^2 + p^2} - \sqrt{u^2 + k^2 - 2uk \cos(\cos^{-1} \left(\frac{(S_{1_0} - \theta\sqrt{R^2 + p^2})^2 - H^2 - m^2 - l^2}{2l\sqrt{H^2 + m^2}} \right) - \psi)} \quad (7)$$

Далее следуем алгоритму, представленному в пункте 4.

Автором заложены следующие геометрические размеры модели крана (все размеры представлены в миллиметрах): $l = OB = 810$, $u = CD = 160$, $H = 105,52$, $m = 95$, $k = 90$, $R = 14$, шаг для цилиндрического барабана $h_{ц} = 1.5$, для барабана переменного сечения $h = 3.5$, $\Psi = 0.837$ рад.

Исходя из этих данных S_1 меняется от 894 мм при $\varphi = 13.2^0$ до 731 мм при $\varphi = 80^0$. Число оборотов в таком случае равно $n = 1.849$, а максимальный угол поворота барабана $\theta = 2\pi \cdot n = 11.619$ рад. Данные значения вычислены для одинарной нити. В предложенной модели используется двойной полиспаг, приведённые числа необходимо умножить на 4.

Для получения профиля барабана разобьём промежутки $\theta \in [0; 11,619]$ на 6 равных частей. Для каждого из них, воспользовавшись формулой (7), посчитаем, какое количество намотает на себя барабан переменного сечения. Затем по формуле, обоснованной в [1], определим радиус каждого эквивалентного цилиндрического барабана и положение соответствующих узловых точек.

Толщина каждого «элементарного» барабана равна $z = (4p\theta) / 6 = 4.37$ мм. После соединим узловые точки плавной кривой и получим искомый профиль. Ниже приведена таблица расчётов и полученный искомый профиль барабана переменного сечения (рис.2).

θ	0	1,935552	3,871103	5,806655	7,742207	9,677759	11,61331
$S_2(\theta)$	0	15,27982	26,86191	37,2367	47,22035	56,95739	66,2044
ΔS_2	15,27982	11,58208	10,37479	9,983649	9,737042	9,247017	
r_i	7,894297	5,983867	5,360121	5,158038	5,030628	4,777458	

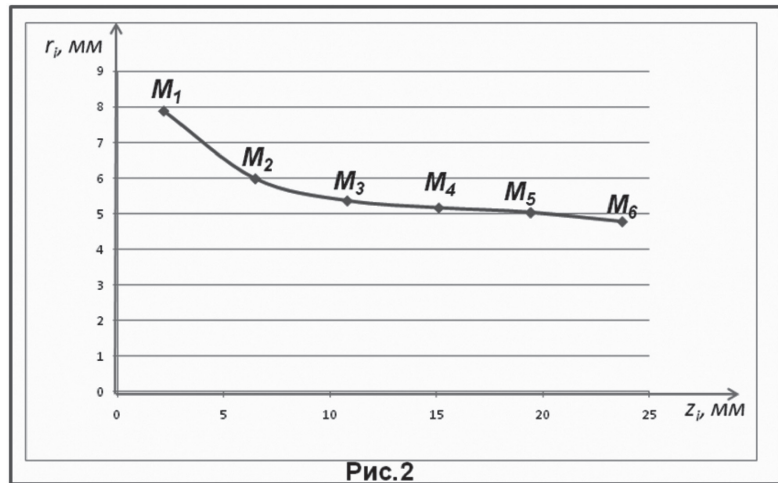


Рис.2

Автором исполнена действующая модель судового крана, представленная на рис. 3. Автор выражает благодарность Бережнову Сергею Геннадьевичу и Бродскому Исаю Лазаревичу за руководство при выполнении настоящей работы.

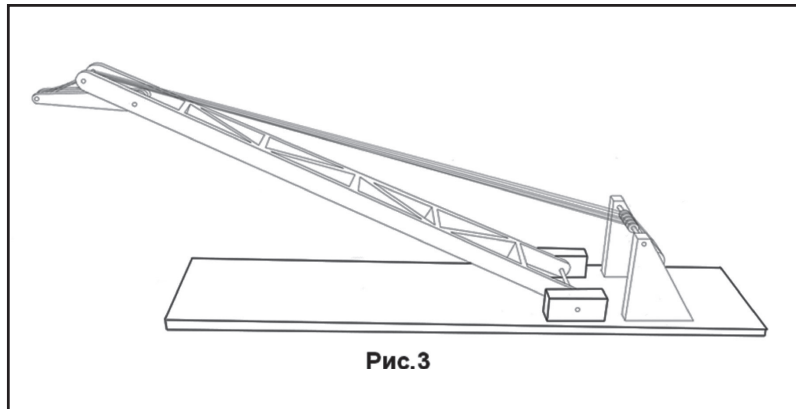


Рис.3

Литература

1. Бродский И. Л. Анализ и синтез барабанов переменного сечения/ Бродский И. Л.// Известия ВУЗов. Машиностроение. 1973. № 4.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов. 2-е изд., испр. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1967. 720 с., ил.