

5. Пат. 6084 Республика Беларусь, МПК D 05 В 21/00. Вышивальный полуавтомат / Сункуев Б. С., Дервоед О. В., Новиков Ю. В., Агафонов В. Ф., Зудов В. И., Шнейвайс И. Л., Ткачев Ю. Л., Воронов В. Н. - №19990455; заявл. 05.05.99 ;опубл. 30.12.00, Бюл. № 4.
6. Краснер, С.Ю. Исследование процесса резания швейных ниток / С.Ю. Краснер, Б.С. Сункуев, А.В. Радкевич // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2009. – № 17. – С. 39-45.
7. Краснер, С.Ю. Оптимизация параметров процесса обрезки швейных ниток / С. Ю. Краснер, Б.С. Сункуев, А.В. Радкевич // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2009. – № 17. – С. 45-49.
8. Грот, Д. В. Исследование работы механизмов освобождения натяжения и автоматической обрезки игольных ниток полуавтомата многоцветной вышивки на изделиях из кожи / Д. В. Грот, А. В. Радкевич, Б. С. Сункуев // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – № 4. – 2015. – С. 22-27.

УДК 531.8

РАСЧЕТ МОМЕНТОВ СИЛ ТРЕНИЯ ПРИ ВРАЩЕНИИ ТЕЛ С ПОПЕРЕЧНЫМИ СЕЧЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

*Локтионов А.В., д.т.н., проф., Буткевич В.Г., к.т.н., доц.,
Рубик С.В., студ., Лемницкая А.В., студ.*

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

Реферат. Предложена методика расчета момента сил трения относительно произвольных осей для сечения, ограниченных любыми ломаными прямыми. Определен момент сил трения для правильного n -угольника относительно оси, проходящей через его центр.

Ключевые слова. Трение, момент, сила, сечение, ось, вращение, расчетные формулы.

В работах [1] – [3] рассмотрена взаимосвязь курсов теории механизмов и машин и теоретической механики. Логическим продолжением курса теории механизмов и машин является курс детали машин. Некоторые темы этих дисциплин являются общими и при этом носят чисто теоретический характер. К таким темам относится и тема о связях с трением. В курсе детали машин расчеты на трение из-за отсутствия времени и методических разработок не излагаются, а используют готовые эмпирические формулы. В инженерной практике необходимо нахождение моментов сил трения при вращении тел с поперечными сечениями различной конфигурации и при исследовании плоского движения.

В статье предложен вариант расчета момента сил трения относительно оси вращения тел с различными конфигурациями нормальных сечений.

Пусть сечение имеет форму прямоугольника (рисунок 1,2). Выделим в рисунке 1 элементарную площадку $ds = dx dy$.

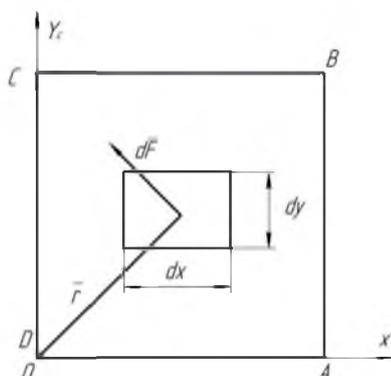


Рисунок 1

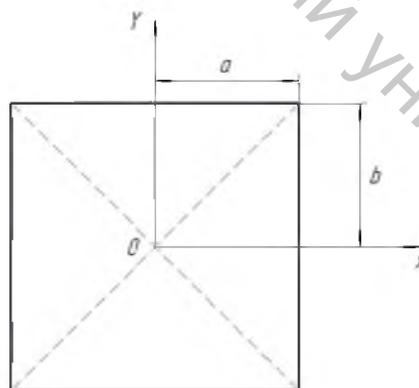


Рисунок 2

Так как $\vec{r} \perp d\vec{F}$, то величина момента силы трения элементарной площадки относительно оси, проходящей через точку 0, определится из выражения

$$dM = |\vec{r}| \cdot |d\vec{F}|,$$

где $d\vec{F}$ – элементарная сила трения, равная $dF = |dn|$;

$dn = q dx dy$ – нормальное давление на элемент площадки ds ;

q – интенсивность давления, которую будем считать постоянной;

M – коэффициент трения.

Тогда величина момента трения всего прямоугольника ABCD относительно точки 0

$$M_{mp.} = \mu q \iint_s \sqrt{x^2 + y^2} dx dy = \frac{\mu q}{6} \left(2ab\sqrt{a^2 + b^2} + b^3 \ln \frac{a\sqrt{a^2 + b^2}}{b} + a^3 \ln \frac{b\sqrt{a^2 + b^2}}{a} \right), \quad (1)$$

Из (1) следует, что момент сил трения прямоугольного сечения со сторонами $2a$ и $2b$ (рисунок 2) относительно оси, проходящей через его центр, будет $M_{mp.полн.} = 4M_{mp.}$, (2)

где $M_{mp.}$ определяется формулой (1).

Для определения момента сил трения прямоугольного сечения по рисунку 3 относительно оси, проходящей через произвольную точку, лежащую внутри этого сечения, можно воспользоваться методом разбиения [3]. Тогда

$$M_{mp.} = \sum_{i=1}^4 M_{i mp.}, \quad (3)$$

где $M_{i mp.}$ определяется по формуле (1).

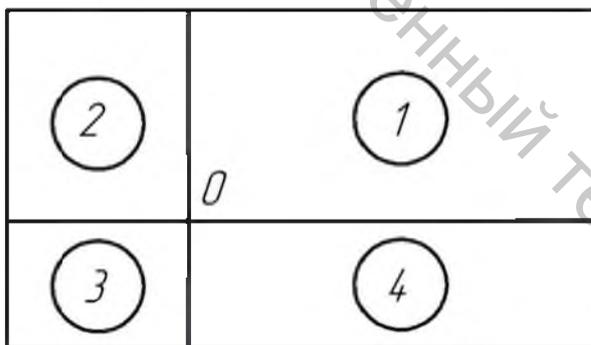


Рисунок 3

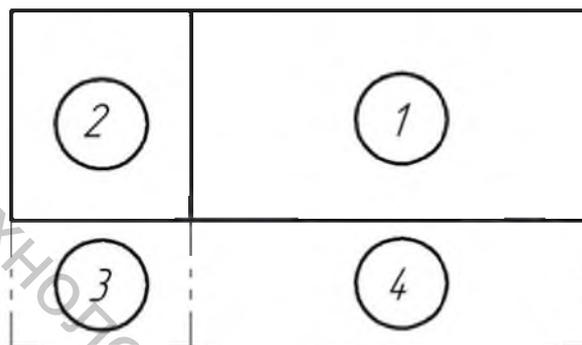


Рисунок 4

Если точка 0 лежит вне прямоугольного сечения ABCD (рисунок 4), то для нахождения $M_{mp.}$ можно применить метод отрицательных площадей [2]. В этом случае $M_{mp.}$ относительно оси, проходящей через точку 0, определяется также по формуле (3), в которой $M_{3 mp.}$ и $M_{4 mp.}$ следует брать со знаком минус.

Определим момент сил трения сечения, имеющего форму прямоугольного треугольника, относительно оси, проходящей через вершину острого угла 0 (рисунок 5).

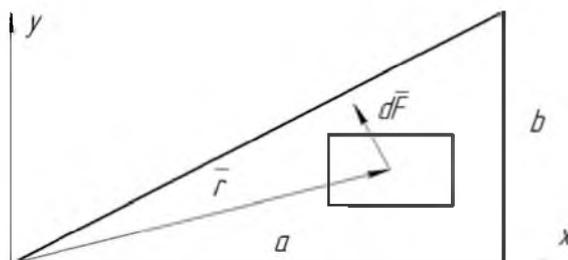


Рисунок 5

Как и в случае прямоугольного сечения, имеем:

$$M_{mp.} = \mu q \iint_S \sqrt{x^2 + y^2} dx dy = \mu q \int_a^b dx \int_0^{\sqrt{b^2 - x^2}} \sqrt{x^2 + y^2} dy = \frac{\mu q a^3}{6} \left(\frac{b\sqrt{a^2 + b^2}}{a^2} + \ln \left| \frac{b + \sqrt{a^2 + b^2}}{a} \right| \right). \quad (4)$$

Формулы (1) - (4) позволяют определить момент сил трения относительно произвольных осей для сечения, ограниченных любыми ломаными прямыми.

Рассмотрим круглое сечение. Момент сил трения такого сечения относительно оси, проходящей через его центр, можно определить в полярных координатах аналогично тому, как выполнено для треугольного сечения в декартовых координатах. При этом (рисунок 6) в полярных координатах ρ (полярный радиус) и φ (полярный угол).

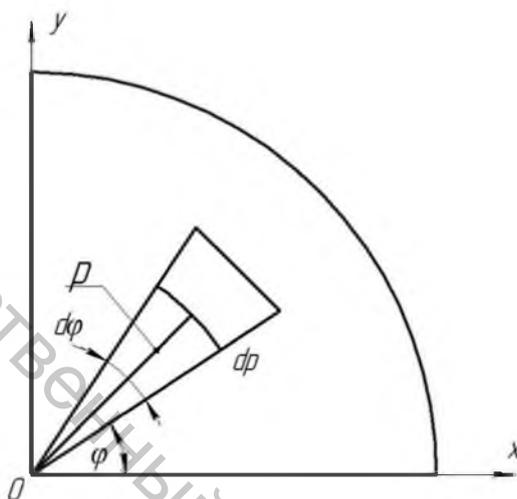


Рисунок 6

В четверти круга выделим элементарную площадку $ds = \mu q \rho d\varphi$ (рисунок 6). Тогда $dM = \mu q \rho^2 d\rho d\varphi$, а момент сил трения для выделенной части круга будет

$$M_{mp.} = \mu q \iint_S \rho^2 d\rho d\varphi = \frac{\mu q \pi R^3}{6}. \quad \text{Для полного круга момент сил трения относительно}$$

оси, проходящий через его центр, определяется по формуле

$$M_{mp.} = \frac{2}{3} \mu q \pi R^3 = \frac{2}{3} \mu q R S,$$

где S – площадь круга.

Список использованных источников

1. Локтионов, А.В. Особенности преподавания курса теории механизмов и машин в Витебском государственном технологическом университете / А.В. Локтионов // Реализация образовательных стандартов нового поколения : материалы науч.-практической конф. – Новополоцк : ПГУ, 2008.- С. 221-224.
2. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики: учебник для вузов / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин.- СПб.: Лань, 2016.-736 с.
3. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов / И.И. Артоболевский.- Москва.: Наука, 1988. – 640 с.