$L_{вс} =$

УДК 677.024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ВЕТВЕЙ ОСНОВЫ, ОГИБАЮЩИХ СКАЛО, МЕТОДОМ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

О.А. САВВИН, Е.З. СЕЛЕЗНЕВА, А.В СЕРГЕЕВА

(Костромской государственный технологический университет)

Для исследования движения подвижной системы скала возникает необходимость определения деформации ветвей основы в зависимости от угла поворота рычага скала. При вычислении этой деформации часто используют оригинальные геометрические построения, позволяющие получить лишь ее приближенное значение. Такой метод использован, например, в работе П.В. Лиманаускаса [1]. Покажем, как найти точное, с точки зрения геометрии, решение этой проблемы сравнительно простым способом. В качестве объекта исследования возьмем станок СТБ.

Рассмотрим две ветви основы. Первая, или нижняя ветвь, – это часть основы между точками ее касания навоя и скала (участок АВ). Длину этой ветви обозначим через l_1 (рис.1). Вторая, или верхняя ветвь, – это участок основы между точкой ее схода со скала и точкой ее касания разделительного прутка (участок B_1D). Точку D считаем неподвижной, а размерами разделительного прутка пренебрегаем. Длину этой ветви обозначим l_2. Рассмотрим деформацию этих ветвей при повороте рычага скала на элементарный угол $d\varphi_1$. Все геометрические параметры и построения приведены на рис. 1. Скало на станке СТБ совершает плоское движение, которое представляется как сумма его поступательного и вращательного движений.

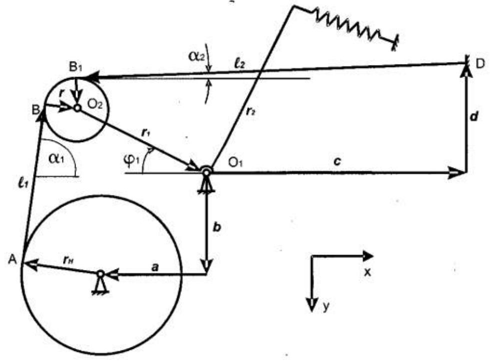
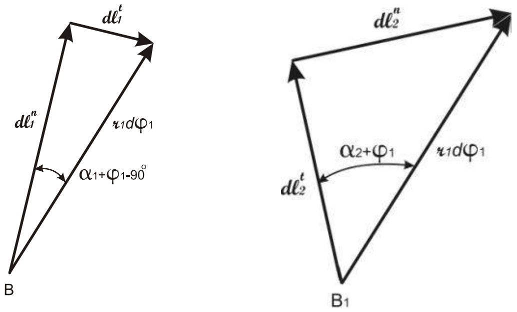


Рис.1

Деформации ветвей, вызванные поворотом скала, равны произведению его радиуса и угла поворота, но имеют разные знаки, то есть их суммарная деформация равна нулю. Наибольшие сложности и интерес представляет определяемая в данной статье деформация от поступательной части движения скала. При поступательном движении все точки тела перемещаются одинаково и имеют одинаковые скорости, следовательно, точки B и B_1 двигаются так же, как центр скала – точка O_2.

Скорость точки $V = dS/dt$ – это отношение элементарного перемещения dS к времени dt, в течение которого оно происходит. Отношение скоростей двух точек равно отношению их элементарных перемещений.

Определим деформацию первой ветви при повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$. Сразу же перейдем от скоростей к элементарным перемещениям. Перемещение точки O_2, а следовательно, и точек B и B_1, равно $r_1 d\varphi_1$. Представим его двумя составляющими. Перемещение dl_{1n} направим вдоль ветви AB, а перемещение dl_{1t} – перпендикулярно ей (рис.2-а). Перемещение dl_{1n} численно равно деформации данной ветви. Удлинению ветви будем приписывать знак плюс, а ее укорочению – минус.



а б

Рис.2

Перемещение dl_{1t} характеризует изменение положения ветви в пространстве, то есть изменение угла α_1. Из рис. 2-а видно, что

$$dl_{1n} = r_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1)\, d\varphi_1, \qquad (1)$$

$$dl_{1t} = -r_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1)\, d\varphi_1. \qquad (2)$$

Так как точка А является мгновенным центром поворота (мгновенным центром скоростей), то угол α_1 изменится на

$$d\alpha_1 = -dl_{1t}/l_1. \qquad (3)$$

При повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$ длина l_1 меняется за счет: 1) dl_{1n} – деформации ветви, 2) перехода части основы с криволинейного участка на навое и скало в прямолинейный или обратного явления.

Из рис. 1 видно, что при увеличении угла α_1 часть основы покидает навой, а другая часть ее переходит на скало. Тогда полное изменение длины l_1 при повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$ будет:

$$dl_1 = dl_{1n} - dl_{1t} R/ l_1, \qquad (4)$$

где $R = r_н - r$.

Учитывая зависимости (1) и (2), формулу (4) перепишем так:

$$dl_1 = r_1 \sin(\alpha_1+\varphi_1)d\varphi_1 +$$

$$+(r_1 R/l_1) \cos(\alpha_1+\varphi_1)d\varphi_1. \qquad (5)$$

Первое слагаемое правой части формулы (5) определяет значение изменения длины ветви за счет ее деформации, а вторая – в результате ее перехода из криволинейной части в прямолинейную или наоборот.

Рассмотрим теперь вторую ветвь основы (рис. 2-б). Для нее сохраним те же обозначения, что и для первой ветви, заменив индекс 1 на 2. Из рис. 2 видно, что

$$dl_{2t} = r_1 \cos(\alpha_2 + \varphi_1)\, d\varphi_1, \qquad (6)$$

$$dl_{2n} = r_1 \sin(\alpha_2 + \varphi_1)d\varphi_1. \qquad (7)$$

Заметим, что при положительном dl_{2n} приращение деформации второй ветви отрицательно.

Изменение угла α_2 и длины второй ветви будут:

$$d\alpha_2 = dl_{2t} / l_2. \qquad (8)$$

$$dl_2 = dl_{2n} + dl_{2t}\, r / l_2. \qquad (9)$$

Зависимости (1…8) являются точными только при бесконечно малом приращении угла φ_1. Однако их можно распространить на конечный, но достаточно малый угол $\Delta\varphi_1$. В этом случае зависимости станут приближенными. Полученные выше соотношения можно использовать и при повороте рычага скала на любой конечный угол, если воспользоваться методом численного интегрирования. Для этого необходимо параметры системы, найденные к концу первого шага вычислений (поворота рычага скало на угол $\Delta\varphi_1$), принять за начальные для второго шага и т.д. Многократно повторяя подобные расчеты, можно рассмотреть поведение системы при повороте рычага скала на любой угол. Достоинством метода является то, что он прост, не требует громоздких формул, изначально ориентирован на использование ЭВМ и позволяет получить конечные результаты практически с любой точностью.

Изложенный метод не позволяет найти значение геометрических параметров заправки к началу самого первого цикла расчетов. Для их нахождения необходимо будет использовать другой способ. Например, метод замкнутых контуров, который хорошо изложен в учебниках по теории механизмов и машин и используется в теории ткачества [2], или более распространенный при исследовании текстильных машин координатный метод [3]. Напомним, как применить метод замкнутых контуров для определения l_1 и α_1.

Для этого необходимо изобразить рассматриваемый участок системы заправки замкнутой цепочкой векторов (рис. 1). Проектируя эту цепочку на оси x и y, можно найти значения длин ветвей и углов из наклонов в зависимости от угла поворота рычага скала φ_1.

В нашем случае имеем:

$$\Sigma x = r_1 \cos\varphi_1 + r \sin\alpha_1 + l_1 \cos\alpha_1 - r_н \sin\alpha_1 - a = 0,$$

$$\Sigma y = r_1 \sin\varphi_1 + r \cos\alpha_1 - l_1 \sin\alpha_1 - r_н \cos\alpha_1 + b = 0. \qquad (10)$$

После несложных математических действий, на которых мы не останавливаемся, так как они подробно изложены в [2], получим:

$$l_1 = [(a - r_1 \cos\varphi_1)^2 + (b + r_1 \sin\varphi_1)^2 - R^2]^{1/2}, \qquad (11)$$

$$\mathrm{tg}\alpha_1 = (l_1 - x_1 R) / (x_1 l_1 + R), \qquad (12)$$

где

$$x_1 = (a - r_1 \cos\varphi_1)/(b + r_1 \sin\varphi_1). \qquad (13)$$

Дифференцируя зависимость (11), находим полное изменение длины l_1 при повороте рычага скала на угол $d\varphi_1$. Такое дифференцирование дает:

$$dl_1 = [(a - r_1 \cos\varphi_1) r_1 \sin\varphi_1 + (b + r_1 \sin\varphi_1) r_1 \cos\varphi_1]\, d\varphi_1 / l_1. \qquad (14)$$

Сравнивая полученное соотношение (14) с зависимостью (5), видим, что они внешне отличаются. Докажем их тождественность. Выразив из (10) значения $a - r_1 \cos\varphi_1$ и $b + r_1 \sin\varphi_1$ и подставив их в (14), после несложных преобразований получим зависимость (5). Тождественность формул (5) и (14) лишний раз подтверждает правильность приведенных выше рассуждений.

Укажем другой метод определения деформации ветви основы. Найдем значение l_1, удовлетворяющее одновременно обоим уравнениям (10). Для этого верхнее уравнение домножим на $\cos\alpha_1$, а нижнее – на $\sin\alpha_1$. Вычтем из одного полученного уравнения второе, и решим найденное выражение относительно l_1. Такое решение дает:

$$l_1 = (a - r_1 \cos\varphi_1)\cos\alpha_1 + (b + r_1 \sin\varphi_1)\sin\alpha_1. \qquad (15)$$

Если найти теперь приращение l_1 при изменении угла φ_1 на $d\varphi_1$ и неизменном значении α_1, то получим значение деформации рассматриваемой ветви основы dl_{1n}. Такая операция с точки зрения математики есть частная производная от l_1 по φ_1. Таким образом:

$$dl_{1n}=(\partial l_1/\partial\varphi_1)d\varphi_1. \qquad (16)$$

Подставляя в формулу (16) значение $\partial l_1/\partial\varphi_1$ из (15) получим:

$$dl_{1n} = r_1 \sin(\alpha_1 +\varphi_1)\, d\varphi_1, \qquad (17)$$

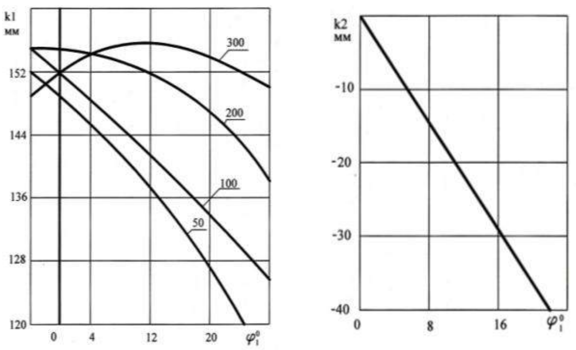
что совпадает с зависимостью (1), приведенной выше.

На основании зависимостей (1) и (7) деформацию ветвей основы можно представить так:

$$\Delta l_{1n} =k_1\, \Delta\varphi_1, \qquad \Delta l_{2n} =k_2\, \Delta\varphi_1,$$

где $k_1 = r_1 \sin(\alpha_1 + \varphi_1)$, $k_2 = r_1 \sin(\alpha_2 + \varphi_1)$.

Для анализа полученных зависимостей была разработана программа вычислений при следующих значениях кинематических параметров в миллиметрах: a=28, b=483, c=378, d=52, r=62,5, r_1=155 и изменении $r_н$– от 50 до 300 мм. Угол поворота рычага скала менялся в пределах от -4 до 28 градусов. Результаты расчетов представлены на рис.3.



а б

Рис.3

ВЫВОДЫ

1. Полученные зависимости просты, ориентированы на решение задачи с помощью ЭВМ и позволяют определить деформацию основы и изменение геометрических параметров системы заправки при повороте рычага скала на элементарный угол. При использовании метода численного интегрирования можно найти изменение указанных параметров при повороте рычага скала на конечный угол.

2. Если угол поворота рычага скала находится в пределах от -4 до +8 градусов, а рычаг скала отклоняется от начального положения менее чем на 4 градуса, то можно считать, что деформация основы при повороте рычага скала на некоторый угол прямо пропорциональна этому углу. При этом более 90% общей деформации приходится на нижнюю ветвь. Коэффициент k_2 можно считать линейной функцией угла φ_1. При сматывания основы с навоя максимум функции $К_1=К_1(\varphi_1)$ смещается в сторону меньших значений φ_1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лиманаускас П.В.* Метод теоретического определения компенсации деформации основы на станках П-105 // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983, №3. С.42…45.

2. *Саввин О.А.* Влияние движения скала на деформацию и геометрические характеристики заправочной линии станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1989, №1. С. 50…53.

3. *Ефремов Е.Д.* Взаимодействие основы с подвижным скалом на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №1. С. 41…44.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 03.06.08.