

УДК 677.052

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В РЕМЕШКОВОМ ЗАЖИМЕ*

В.А. АВРЕЛЬКИН, В.И. РОНЬЖИН, А.В. ШАГИНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Прибор высоких вытяжек кроме надежной работы, простоты и удобства обслуживания должен обеспечивать лучшее использование частных вытяжек и создавать необходимое поле сил трения. По протяженности оно должно превосходить самое длинное перерабатываемое волокно. Напряжение поля сил трения должно постепенно падать по ходу продукта. В [1...3] отмечено, что в двухремешковом приборе достигнуто наибольшее приближение к указанным требованиям.

Практика показывает, что ремешковые вытяжные приборы получили широкое распространение как наиболее удовлетворяющие требованиям выпуска качественной продукции.

А.Ф.Капитановым [4] проделана большая теоретическая работа по определению нормального давления в зажиме ремешковой пары. Автор разбил ремешковую зону на три участка и определял, какое давление образуется в каждом из них. Первый участок – это зажим пары валик–цилиндр, второй участок – это расстояние от зажима пары до точки соединения ремешка с планкой и третий – это участок ремешков, расположенных на поверхности планки.

При изучении данной работы выявлено, что давление, которое испытывают ремешки на третьем участке, зависит от до-

полнительного натяжения ремешков, увеличивающегося на составляющую Эйлера, а также поперечного прогиба верхнего ремня от нахождения между ними продукта. Однако при движении ремешка по криволинейной поверхности образуется давление от центробежных сил, от изгиба ремня, угла подъема планки; давление, возникшее от натяжения движущегося ремня по криволинейной планке.

В развитие теории [4] нами предложен расчет для определения нормального давления, образующегося между ремешками на участке криволинейной планки.

При подведении под нижний ремешок криволинейной поверхности давление верхнего ремешка на нижний возрастает, так как увеличивается его натяжение; при этом увеличивается и сила трения между волокнами.

В сечении поля вытягивания нормальное давление между ремешками определяется по формуле

$$\sigma_{\text{общ}} = \sigma_{\text{ц}} + \sigma_{\text{из}} + \sigma_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{ц}}$ – нормальное давление от центробежных сил; $\sigma_{\text{из}}$ – нормальное давление от изгиба ремня; $\sigma_{\text{с}}$ – нормальное давление, возникшее от натяжения ремня при огибании планки.

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Г.И.Чистобородова

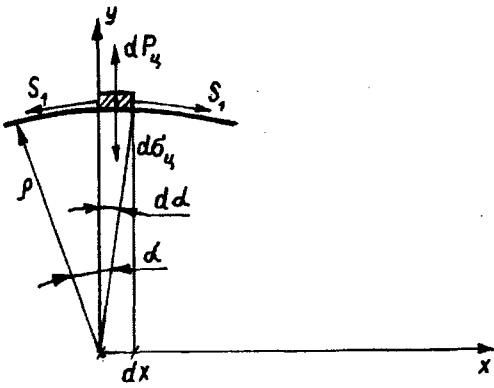


Рис. 1

Рассмотрим элементарно малый участок длины верхнего ремешка и силы, действующие на него (рис.1).

Сумма всех сил на ось у равна

$$dP_u - d\sigma_u - S_1 d\alpha = 0, \quad (2)$$

где dP_u – сила, вызванная центростремительным ускорением; $d\sigma_u$ – элементарно малое нормальное давление от центробежных сил; S_1 – натяжение верхнего ремешка, образующееся в результате натяжения пружины верхней клеточки ремешковой пары, а также за счет прогиба ремешка.

Из (2) имеем

$$d\sigma_u = dP_u - S_1 d\alpha, \quad (3)$$

$$dP_u = dm \frac{V^2}{\rho}, \quad (4)$$

$$dm = \gamma dl, \quad (5)$$

где dm – элементарная масса исследуемого участка; V – линейная скорость ремешка

$$\begin{aligned} d\sigma_u &= \gamma \frac{V^2 |f(x)''|}{\sqrt{(1 + (f(x)')^2)^3}} \sqrt{1 + (f(x)')^2} dx - \frac{S_1 |f(x)''|}{\sqrt{(1 + (f(x)')^2)^3}} \sqrt{1 + (f(x)')^2} dx = \\ &= (\gamma V^2 - S_1) \frac{\sqrt{1 + (f(x)')^2} |f(x)''|}{\sqrt{(1 + (f(x)')^2)^3}} dx = \frac{(\gamma V^2 - S_1) |f(x)''|}{\sqrt{1 + (f(x)')^2}} dx. \end{aligned}$$

В итоге имеем

$$\sigma_u = \int_{x_1}^{x_2} \frac{(\gamma V^2 - S_1) |f(x)''|}{\sqrt{1 + (f(x)')^2}} dx. \quad (10)$$

ков; ρ – радиус кривизны поверхности, огибаемой ремешками; γ – масса единицы длины ремешка;

$$dl = \sqrt{1 + (f(x)')^2} dx, \quad (6)$$

$$d\alpha = \frac{dl}{\rho}, \quad (7)$$

где dl – бесконечно малая длина исследуемого участка; $f(x)$ – функция заданной кривой поверхности криволинейной планки.

Запишем

$$d\sigma_u = \gamma \frac{V^2}{\rho} dl - \frac{S_1}{\rho} dl. \quad (8)$$

Из (8) видно, что нормальное давление верхнего ремешка на нижний зависит как от линейной скорости движения ремешков, радиуса кривизны криволинейной поверхности, огибаемой ремешками, так и от натяжения ремешков.

Радиус кривизны поверхности определяется [5]:

$$\rho = \frac{\sqrt{(1 + (f(x)')^2)^3}}{|f(x)''|}. \quad (9)$$

Подставив (6) и (9) в выражение (8), получим уравнение для определения нормального давления в общем виде:

Далее определим следующую составляющую нормального давления верхнего ремешка на нижний при его изгибе. При огибании ремешком криволинейной планки его длина по сравнению с длиной в случае отсутствия планки возрастает на величину $\Delta \ell$ (абсолютное удлинение), которая определяется по формуле [6]:

$$\Delta \ell = \frac{S_1 L}{EA}, \quad (11)$$

где L – полная длина ремня; E – модуль упругости ремня; A – площадь поперечного сечения ремня.

Определим значение натяжения из (11):

$$S_1 = \frac{\Delta \ell EA}{L}. \quad (12)$$

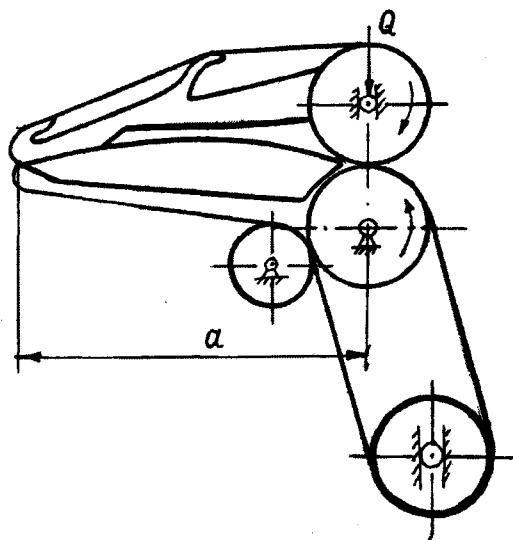


Рис. 2

Величину абсолютного удлинения найдем по формуле

$$\Delta \ell = \ell - a, \quad (13)$$

где a – длина участка ремня при отсутствии планки (рис.2); ℓ – длина участка ремня при огибании им планки, определяющаяся из [5]:

$$\ell = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx. \quad (14)$$

Давление верхнего ремешка при огибании им криволинейной планки зависит от натяжения ремня, которое образуется от стрелы прогиба ремня или от высоты подъема планки.

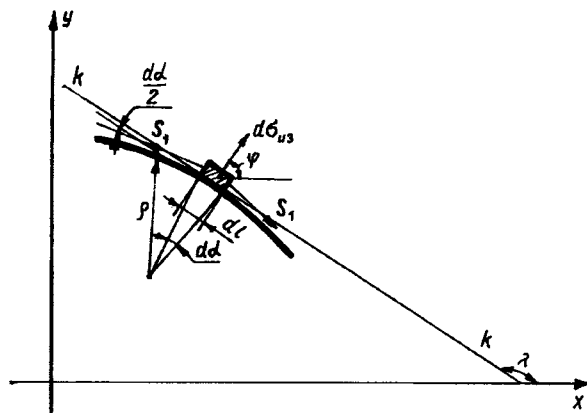


Рис. 3

Рассмотрим элементарно малый участок верхнего ремешка длиной $d\ell$ (рис.3). Определим зависимость нормального давления при изменении высоты подъема криволинейной планки, для чего восстановим нормаль к исследуемому участку. Проведем касательную прямую k к исследуемому участку ремешка и под углом 90° отложим нормаль. Вектор $d\sigma_{из}$ и есть элементарное нормальное давление, приходящееся на элементарный участок $d\ell$.

$$\operatorname{tg} \lambda = f'(x), \quad \lambda = \operatorname{arctg} (f'(x)), \quad (15)$$

где λ – угол наклона касательной, проведенной к исследуемому участку ремешка.

Спроецировав $d\sigma_{из}$ на ось x и y , получим уравнения

$$\sigma_{из X} = \int_{x_1}^{x_2} \cos \varphi d\sigma_{из}, \quad (16)$$

$$\sigma_{из Y} = \int_{x_1}^{x_2} \sin \varphi d\sigma_{из}. \quad (17)$$

Выразим угол φ через λ :

$$\varphi = \lambda - 90^\circ. \quad (18)$$

Элементарно малая величина нормального давления определяется как:

$$d\sigma_{из} = \frac{S_1}{\rho} d\ell. \quad (22)$$

$$d\sigma_{из} = 2 \sin \frac{d\alpha}{2} S_1, \quad (19)$$

$$d\sigma_{из} = S_1 d\alpha, \quad (20)$$

$$d\alpha = \frac{d\ell}{\rho}, \quad (21)$$

где $d\alpha$ – элементарно малый угол.

Следовательно, уравнение элементарно малой величины нормального давления имеет вид

Подставив полученное значение формулы (22) в (16) и (17), получим

$$\sigma_{изX} = \int_{x_1}^{x_2} \cos \varphi \frac{S_1}{\rho} d\ell, \quad (23)$$

$$\sigma_{изY} = \int_{x_1}^{x_2} \sin \varphi \frac{S_1}{\rho} d\ell. \quad (24)$$

После подстановок составляющих формул (23) и (24):

$$\sigma_{изX} = \int_{x_1}^{x_2} \cos(\alpha - 90^\circ) \frac{S_1 d\ell}{\rho} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\cos(\arctg(f'(x) - \frac{\pi}{2})) S_1}{\rho} d\ell, \quad (25)$$

$$\sigma_{изY} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sin(\arctg(f'(x) - \frac{\pi}{2})) S_1}{\rho} d\ell. \quad (26)$$

Общее давление в исследуемой точке:

$$\sigma_{из} = \sqrt{\sigma_{изX}^2 + \sigma_{изY}^2}. \quad (27)$$

Следующая составляющая нормального давления верхнего ремешка на нижний образуется за счет движения ремешков по криволинейной планке, вследствие чего создается дополнительное натяжение, определяющееся по формуле [7]:

$$S_2 = S_1 \exp\left(\mu \int_{x_1}^{x_2} k(\ell) d\ell\right), \quad (28)$$

где $k(\ell)$ – кривизна планки, выраженная через натуральный параметр, длину дуги (ℓ); μ – коэффициент трения.

Давление, которое образуется при возникновении натяжения S_2 , найдем по формуле

$$\sigma_s = \frac{S_2}{\rho}, \quad (29)$$

где h – ширина ремня.

Суммируя значения (10), (27) и (29), получаем общее нормальное давление, которое оказывает верхний ремешок на нижний:

$$\sigma_{\text{общ}} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{(\gamma V^2 - S_1) |f(x)|^n}{\sqrt{1 + (f(x)')^2}} dx + \sqrt{\left(\int_{x_1}^{x_2} \frac{\cos(\text{arctg}(f'(x) - \frac{\pi}{2})) S_1}{\varrho} d\ell \right)^2 + \left(\int_{x_1}^{x_2} \frac{\sin(\text{arctg}(f'(x) - \frac{\pi}{2})) S_1}{\varrho} d\ell \right)^2} + \frac{S_1 \exp(\mu \int_{x_1}^{x_2} k(\ell) d\ell)}{\varrho} \quad (30)$$

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что нормальное давление в ремешковом зажиме обуславливает закономерность движения волокон в вытяжном приборе и неравноту по толщине от вытягивания.

2. Полученные результаты показывают, что величина нормального давления есть функция, зависящая от многих факторов $\sigma = f(S_1, S_2, V, \mu, \lambda, \varrho)$. Так, при варьировании составляющих ее переменных можно получить необходимый закон изменения нормального давления в зажиме ремешковой пары, который определяет напряжение поля сил трения в продукте.

3. Предложен метод определения величины нормального давления верхнего ремешка на нижний, который можно использовать при проектировании вытяжных приборов прядильных машин, а также для изучения закономерности движения волокон в процессе вытягивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев Н.А.* Вопросы теории прядения. – М.: Гизлегпром, 1932.

2. *Зотиков В.Е.* Теория процесса вытягивания в хлопкопрядении // Научно-редакционная секция НИТИ. – М., 1933.

3. *Зотиков В.Е., Будников И.В.* Основы прядения волокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1959.

4. *Капитанов А.Ф.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995. №2. С.17...21.

5. *Воднев В.Т., Наумович А.Ф., Наумович Н.Ф.* Основные математические формулы. – Минск: Высшая школа, 1988.

6. *Кинасовиц Р.С.* Сопротивление материалов. – М., 1975.

7. *Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Боровков А.В.* // Известия Ивановского отделения Петровской Академии наук и искусств. – 2001. №6.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 28.03.02.