

УДК 677.02

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ДЛИННОМЕРНОГО  
ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА,  
НАГРУЖЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ  
И СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ СИЛАМИ\***

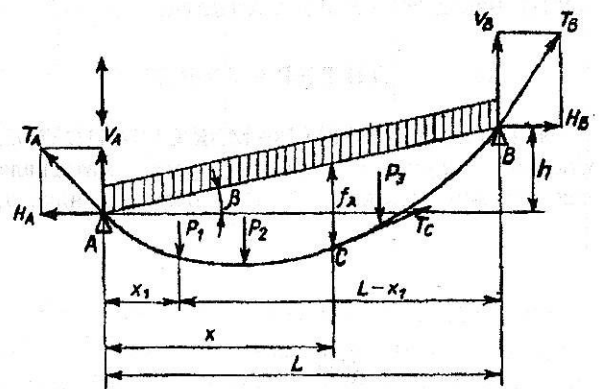
В.В. КАПРАЛОВ, Е.Н. НИКИФОРОВА, А.В. ГЛУЩЕНКО, Н.Г. ЖАРОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

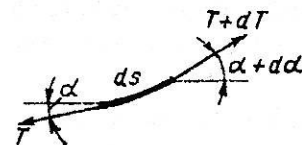
Известно, что характер силового взаимодействия направляющих и транспортирующих органов машины на волокнистый материал предопределяет кинематику последнего. Поскольку при транспортировании ленты, ровницы, пряжи, нити, жгута ткани величина провеса и расстояние между валиками незначительны, цепную линию провеса заменяют параболой. При параболе нагрузка распределена равномерно по длине хорды дуги провисания [1].

Рассматривая нить, равномерно нагруженную собственным весом, загруженную вертикальной равномерно распределенной нагрузкой по прямой между точками приложения, можно определить величину провеса и натяжения.

Однако практика показывает, что транспортируемый длинномерный текстильный материал (лента, ровница, пряжа, нить, жгут ткани) в процессе технологической обработки, проходя через различные направляющие устройства, имеет неравномерное провисание (линия провисания отличается от параболы). В этих случаях имеются места сконцентрированных центров масс, и линию провеса можно рассматривать как ломаную с точками "излома" в местах концентрации.



а)



б)

Рис. 1

Рассматривая нить, загруженную вертикальной равномерно распределенной нагрузкой по хорде произвольно расположенными вертикальными сосредоточенными силами (рис. 1-а), можно вывести ряд зависимостей.

Прикладывая к элементу кривой  $ds$  (рис.1-б) соответствующие силы натяжения  $T$ ,  $(T+dT)$  и вес  $q ds$  и приравни-

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

вая сумму их проекций на горизонталь нулю, получим:

$$-T \cos \alpha + T \cos(\alpha + d\alpha) = 0. \quad (1)$$

Горизонтальная составляющая натяжений нити  $H$  (так называемый распор) является постоянной:  $H = \text{const}$ , то есть горизонтальные реакции на опорах  $H_A$  и  $H_B$  равны между собой и равны  $H$ .

Вертикальная реакция  $V_A$  определится из условия, что сумма моментов всех внешних сил относительно точки  $B$  равна нулю [1]. В общем виде:

$$V = \frac{M^H}{\ell} \pm H \text{tg} \beta = V^\delta \pm H \text{tg} \beta, \quad (2)$$

где знак плюс принимается для верхней опоры, а минус – для нижней.

Для случая загрузки только равномерно распределенной нагрузкой по хорде реакция будет:

$$V = \frac{q\ell}{2 \cos \beta} \pm H \text{tg} \beta, \quad (3)$$

где  $q$  – погонный вес нити.

Для случая загрузки, помимо равномерно распределенной нагрузки по хорде, еще и сосредоточенными силами:

$$f_x = \frac{M_x^\delta (\text{от распредел. нагрузки}) + \sum M_x^\delta (\text{от сосред. нагрузок})}{H}. \quad (7)$$

Это означает, что при определении очертания нити под действием различных вертикальных нагрузок используется принцип независимости действия сил [2]. Таким образом, очертание кривой от всех нагрузок, определяемое стрелами провеса во всех ее точках, соответствует эпюре моментов всех нагрузок. Вследствие того, что от распределенной нагрузки эпюра моментов представляет собой параболу, то и кривая является параболой. А поскольку от сосредоточенных нагрузок она имеет ломаный характер, то и очер-

$$\left. \begin{aligned} M_B^H &= \frac{q\ell^2}{2 \cos \beta} + \sum [P_i(\ell - x_i)], \\ M_A^H &= \frac{q\ell^2}{2 \cos \beta} + \sum (P_i x_i), \end{aligned} \right\} (4)$$

где  $x_i$  – расстояние любого сосредоточенного груза от опоры  $A$ .

Выражения реакций соответственно будут:

$$\left. \begin{aligned} V_A &= \frac{q\ell}{2 \cos \beta} + \frac{\sum [P_i(\ell - x_i)]}{\ell} \pm H \text{tg} \beta, \\ V_B &= \frac{q\ell}{2 \cos \beta} + \frac{\sum (P_i x_i)}{\ell} \pm H \text{tg} \beta. \end{aligned} \right\} (5)$$

Провес нити  $f_x$  в точке  $C$ , находящейся на расстоянии  $x$  от опоры  $A$  (рис.1), определяется из условия равновесия ее левой части относительно точки  $C$  (формула (1.23) [1]).

Подставляя в это уравнение ранее полученное значение  $V_A$  из (1), получаем:

$$f_x = \frac{V_x^\delta}{H} - \frac{M_c^H}{H} = \frac{M_x^\delta}{H}. \quad (6)$$

Поскольку  $M_x^\delta$  определяется как сумма моментов относительно точки  $X$  от распределенной и сосредоточенных нагрузок, выражение (6) можно записать так:

тание нити пойдет по ломаной линии.

Следовательно, при наличии обоих видов нагрузок общее очертание кривой будет в виде отрезков парабол, наложенных на ломаную линию от сосредоточенных нагрузок [3]. В действительности, благодаря жесткости нити места излома очертания нити сглаживаются.

Для случая только равномерно распределенной нагрузки, подставляя в (6) значение момента от этой нагрузки, получим:

$$f_x = \frac{qx(\ell - x)}{2H \cos \beta}, \quad (8)$$

а величина максимального провеса:

$$f_{\max} = \frac{q\ell^2}{8H \cos \beta}. \quad (9)$$

Для случая равномерно распределенной нагрузки и одной сосредоточенной

$$f_x = \frac{qx(\ell - x)}{2H \cos \beta} + \frac{\sum [p_i x_i (\ell - x)]}{H\ell} + \frac{\sum [p_i (\ell - x_i) x]}{H\ell}. \quad (11)$$

Учитывая относительно небольшие стрелы провеса нитей (в пределах 4...8%), принимают приближенно  $H \approx T_{\text{cp}} \cos \beta$ ,

где  $T_{\text{cp}} = \frac{T_A + T_B}{2} \leq P$  ( $P$  – предельно допустимое натяжение).

Угол  $\alpha$  между касательной к кривой в любой ее точке и горизонталью находят из равенства (выражение (1.30) [1]):

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{dy}{dx} = \frac{dM^\delta}{dx} \frac{1}{H} - \operatorname{tg} \beta. \quad (12)$$

Из строительной механики известно, что производная изгибающего момента по  $x$  равняется перерезывающей силе  $V_{\text{пер}}$ , следовательно:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{V_x^\delta}{H} - \operatorname{tg} \beta, \quad (13)$$

где  $V_x^\delta$  – перерезывающая сила в некоторой точке  $x$  для балки, свободно лежащей на двух опорах и загруженной аналогично рассчитываемой нити.

В формуле (13) перерезывающая сила балки и угол  $\beta$  должны подставляться со своими знаками, знак плюс – для перерезывающей силы, слева от рассматриваемой точки, и знак минус – справа; знак плюс у угла  $\beta$ , если опора В выше опоры А.

силы, расположенной на расстоянии  $x$  от опоры А:

$$f_x = \frac{qx(\ell - x)}{2H \cos \beta} + \frac{px(\ell - x)}{H\ell}. \quad (10)$$

Для случая равномерно распределенной нагрузки и нескольких сосредоточенных сил  $P_1, P_2, P_3, \dots$ , находящихся каждая соответственно на расстояниях  $x_1, x_2, x_3, \dots$  от опоры А (рис.1):

Для случая равномерно распределенной нагрузки:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{dy}{dx} = \frac{q(\ell - 2x)}{2H \cos \beta} - \operatorname{tg} \beta. \quad (14)$$

Длина нити в пролете (формула (1.34) [1]):

$$S = \ell + \frac{h^2}{2\ell} + \frac{q^2 \ell^3}{24H^2} \cos \beta. \quad (15)$$

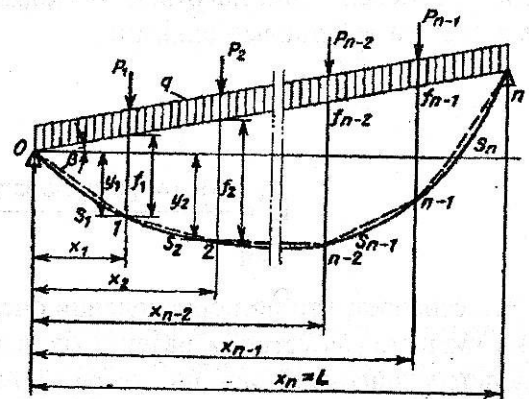


Рис. 2

В случае когда в один пролет попадет несколько узлов или соринок, длина кривой нити, загруженной равномерно распределенной нагрузкой и сосредоточенными силами (рис.2), определится как сумма длин дуг между точками  $O, 1, 2, \dots, n-1, n$ :

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + S_n. \quad (16)$$

Для произвольного участка между со-

$$S_i = (x_i - x_{i-1}) + \frac{(y_i - y_{i-1})}{2\ell} + \frac{q^2(x_i - x_{i-1})}{24H^2} \cos\beta. \quad (17)$$

Значение

$$(y_i - y_{i-1}) = (f_i - f_{i-1}) - (x_i - x_{i-1}) \operatorname{tg}\beta. \quad (18)$$

$$S = \sum_{i=0}^{i=n} S_i = \ell + \sum_{i=0}^{i=n} \frac{[(f_i - f_{i-1}) - (x_i - x_{i-1}) \operatorname{tg}\beta]^2}{2(x_i - x_{i-1})} + \frac{q^2}{24H^2} \sum_{i=0}^{i=n} (x_i - x_{i-1})^3 \cos\beta. \quad (19)$$

Для числового расчета по этой формуле надо подставлять значения  $f_i$ , определив их предварительно по формуле (11).

Для случая равномерно распределенной нагрузки и одной сосредоточенной силы длина кривой будет:

$$S = \ell + \frac{h^2}{2\ell} + \frac{q^2 \ell^3 \cos\beta}{24H^2} + \frac{x(\ell - x)p \left( p + \frac{q\ell}{\cos\beta} \right)}{2\ell H^2}. \quad (20)$$

## ВЫВОДЫ

Получены формулы для определения технологических параметров транспортируемого длинномерного текстильного материала, нагруженного равномерно распределенными и сосредоточенными силами:

– провес текстильного материала в любой точке пролета при расчете натяжения позволяет судить о возможности компоновки узлов машин вблизи траектории прохождения этих материалов;

– определив углы наклона кривой этих материалов в любой точке, можно рассчитать натяжение на опорах;

– длина кривой в пролете позволяет определить скорость транспортирования.

Все эти величины взаимно связаны между собой, и знание одних позволяет выявить другие.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чистобородов Г.И. Формирование текстильного материала в процессе его технологической подачи. – Ч. 1. Теория подачи, кручения и формирования материала на текстильных машинах. – Иваново: ИГТА, 1995.
2. Смирнов В.И. Курс теоретической механики. – Иваново: ИГТА, 1999.
3. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 06.05.05.