

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ДНА БУНКЕРА НАКОПИТЕЛЯ

С.В. ПАЛОЧКИН, М.П. РУДОВСКИЙ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Анализ давлений, действующих на массу нити в бункере накопителя прядильно-крутильной машины ПСК-225 [1], позволил вывести зависимость давления на столб нити в бункере, необходимого для его перемещения, от конструктивных параметров бункера

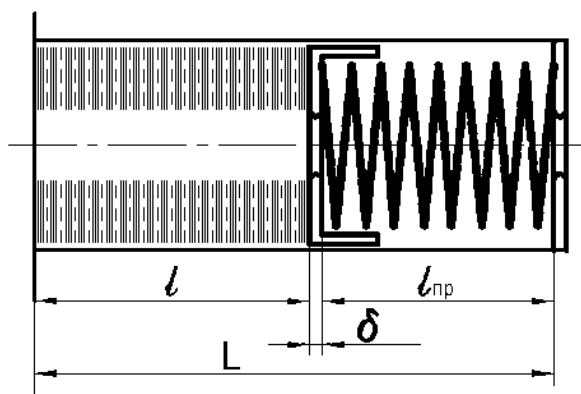


Рис. 1

Теперь определим, на какую величину сожмется столб нити под действием нагрузок, показанных на рис.1 (к расчету положения дна бункера) в [1]. Для этого необходимо знать зависимость давлений от координаты X_0 вдоль недеформированного столба нити.

Повторив предыдущие рассуждения,

заменяя при этом l_0 на текущее значение координаты x_0 , получаем формулу, аналогичную формуле (20) в [1]:

$$\sigma(x_0) = \frac{H_1(b + \sqrt{-\Delta}) - b + \sqrt{-\Delta}}{2a(1 - H_1)}, \quad (1)$$

где

$$H_1 = \frac{2a\sigma_0 + b - \sqrt{-\Delta}}{2a\sigma_0 + b + \sqrt{-\Delta}} e^{kx_0\sqrt{-\Delta}}. \quad (2)$$

Обозначим

$$h = \frac{2a\sigma_0 + b - \sqrt{-\Delta}}{2a\sigma_0 + b + \sqrt{-\Delta}}. \quad (3)$$

Тогда предыдущая формула (2) после подстановки в нее выражения (3) принимает вид

$$H_1 = he^{kx_0\sqrt{-\Delta}}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (1), имеем:

$$\sigma(x_0) = \frac{he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}}(b + \sqrt{-\Delta}) - b + \sqrt{-\Delta}}{2a(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}})}. \quad (5)$$

Поделив числитель и знаменатель (5) на $(b + \sqrt{-\Delta})$, получаем:

$$\sigma(x_0) = \frac{he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}} - \frac{b - \sqrt{-\Delta}}{b + \sqrt{-\Delta}}}{\frac{2a}{(b + \sqrt{-\Delta})}(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}})}. \quad (6)$$

Разделив почленно числитель на знаменатель, переходим к выражению

$$\sigma(x_0) = \frac{h(b + \sqrt{-\Delta})}{2a} \frac{e^{Kx_0\sqrt{-\Delta}}}{(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}})} - \frac{b - \sqrt{-\Delta}}{2a} \frac{1}{(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}})}. \quad (7)$$

Деформацию сжатия столба нити найдем как

$$\Delta\ell = \int_0^{\ell_0} \frac{\sigma(x_0)}{E} dx_0. \quad (8)$$

Подставив (7) в (8), получаем

$$\Delta\ell = \frac{h(b + \sqrt{-\Delta})}{2aE} \int_0^{\ell_0} \frac{e^{Kx_0\sqrt{-\Delta}}}{(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}})} dx_0 - \frac{b - \sqrt{-\Delta}}{2aE} \int_0^{\ell_0} \frac{dx_0}{(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}})}. \quad (9)$$

Интегралы в правой части уравнения

(9) являются табличными [2]:

$$\Delta\ell = -\frac{h(b + \sqrt{-\Delta})}{2aE} \left[\frac{1}{Kh\sqrt{-\Delta}} \ln(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}}) \right]_0^{\ell_0} - \frac{b - \sqrt{-\Delta}}{2aE} \left[x_0 - \frac{1}{K\sqrt{-\Delta}} \ln(1 - he^{Kx_0\sqrt{-\Delta}}) \right]_0^{\ell_0}. \quad (10)$$

После подстановки пределов интегри-

рования имеем

$$\Delta\ell = -\frac{(b + \sqrt{-\Delta})}{2aEK\sqrt{-\Delta}} \left[\ln(1 - he^{K\ell_0\sqrt{-\Delta}}) - \ln(1 - h) \right] - \frac{b - \sqrt{-\Delta}}{2aE} \left[\ell_0 - \frac{1}{K\sqrt{-\Delta}} \ln(1 - he^{K\ell_0\sqrt{-\Delta}}) + \frac{1}{K\sqrt{-\Delta}} \ln(1 - h) \right]. \quad (11)$$

Проведя необходимые преобразования, окончательно получим:

$$\Delta\ell = \frac{1}{aEK} \ln \frac{(1 - h)}{1 - he^{K\ell_0\sqrt{-\Delta}}} - \frac{b - \sqrt{-\Delta}}{2aE} \ell_0. \quad (12)$$

Определим равновесное положение дна в бункере накопителя пряжи. Зная дефор-

мацию сжатия столба пряжи в бункере накопителя, можно рассчитать положение дна с учетом изменения силы F_0 , вызванного деформацией пружины.

Как видно из рис.1, при любом положении дна бункера

$$L = \ell + \delta + \ell_{пр}, \quad (13)$$

причем длина столба ℓ и длина пружины $\ell_{\text{пр}}$ зависят от силы F взаимодействия массы нити и сжимающей ее пружины. Найдем эти зависимости.

Давление дна бункера на массу нити:

$$\sigma_0 = \frac{4F_0}{\pi(D^2 - d^2)}. \quad (14)$$

По формуле (12) с учетом (3) найдем деформацию столба пряжи $\Delta\ell$ под действием силы F . Тогда длину сжатого столба пряжи можно определить как

$$\ell = \ell_0 - \Delta\ell. \quad (15)$$

Длину сжатой пружины можно рассчитать по известной формуле

$$\ell_{\text{пр}} = \ell_{\text{пр0}} - F_0/k, \quad (16)$$

где $\ell_{\text{пр0}}$ – свободная длина пружины; k – жесткость пружины.

Подставляя последовательно (3) в (12), (12) в (15) и (15) в (13), а также (16) в (13), получаем уравнение для определения значения силы F . Зная силу F , при которой выполняется условие (13), по формулам (14), (3), (12) и (15) определяем положение дна накопителя, а по формулам (19), (20) из [1] – напряжение в месте укладки нити в накопитель.

Расчеты проводились для следующих конструктивных параметров накопителя (дополнительно к параметрам, приведенным в [1]):

- свободная длина пружины $\ell_{\text{пр0}} = 0,15$ м;
- жесткость пружины $k = 50$ Н/м;
- длина бункера $L = 0,1$ м;
- толщина дна бункера $\delta = 0,004$ м.

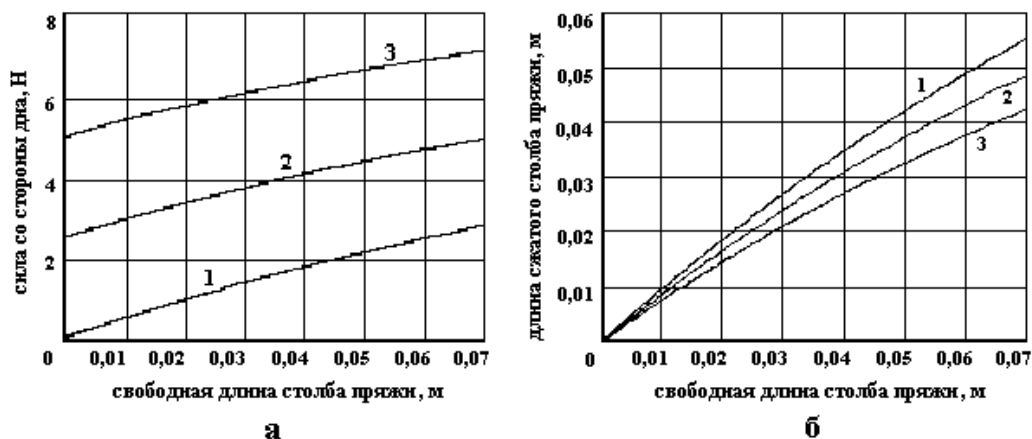


Рис. 2

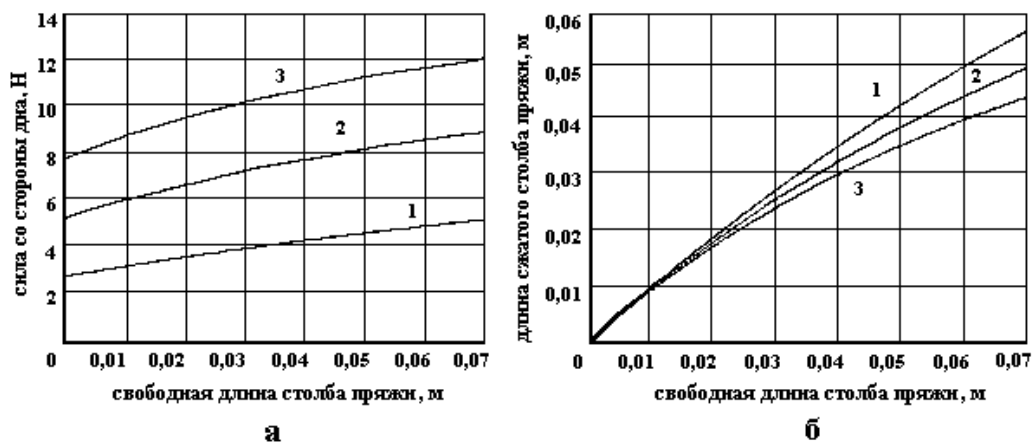


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Результаты расчетов представлены на рис.2 и 3. Анализ зависимостей, приведенных на графиках (рис. 2 – зависимости силы (а) со стороны дна, действующей на массу нити в бункере, и длины столба нити в нем (б) от свободной длины пружины $l_{\text{пр}0}$: 1 – $l_{\text{пр}0} = 0,1$ м; 2 – $l_{\text{пр}0} = 0,15$ м; 3 – $l_{\text{пр}0} = 0,2$ м; рис. 3 – зависимости силы (а) со стороны дна, действующей на массу нити в бункере, и длины столба нити в нем (б) от жесткости пружины k : 1 – $k = 50$ Н/м; 2 – $k = 100$ Н/м; 3 – $k = 150$ Н/м), показывает, что с ростом жесткости пружины возрастает давление на нить со стороны дна бункера, что приведет к нежелательному увеличению натяжения нити при ее извлечении из бункера.

Перемещение дна бункера при этом уменьшается, что также нежелательно, так как это приведет к снижению чувствительности датчика регулятора наполнения бункера, установка которого предусмотрена в конструкции накопителя [3].

При увеличении свободной длины пружины, без изменения ее жесткости, наблюдаются аналогичные явления.

1. Получены математические выражения для расчета деформации столба пряжи в бункере накопителя, учитывающие трение нити о стенки бункера.

2. Разработан алгоритм расчета равновесного положения дна бункера в зависимости от количества в нем нити.

3. Показано, что увеличение жесткости пружины и ее свободной длины приводит к увеличению натяжения нити при ее извлечении из бункера и снижению чувствительности датчика регулятора накопления нити в бункере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Палочкин С.В., Рудовский М.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6.

2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986.

3. Рудовский М.П., Телицын А.А., Палочкин С.В. Устройство для наматывания высокоэластичной нити в конические бобины. Патент РФ № 2262477, В 65 Н 51/00. – Оpubл. 2005. Бюл. №29.

Рекомендована кафедрой деталей машин и подъемно-транспортных устройств. Поступила 05.09.06.