

УДК 677.021.151.2

Исследование влияния дополнительной подвижной опорной кромки на натяжение в зажиме свободно свисающей пряди при кратковременном силовом воздействии

Волков Д. А.

Костромской государственный технологический университет

Для обеспечения интенсификации процесса удаления костры при одновременной сохранности волокна, предлагается вариант улучшения конструкции трепальной машины путем установки вблизи зоны зажима дополнительной опорной подпружиненной направляющей. Разработана модель для предварительной оценки влияния дополнительной кромки на снижение величины пикового натяжения пряди.

(трепальные машины, обескостривание, модель)

Предполагаем, что важным эффектом установки подпружиненной направляющей будет снижение пикового натяжения пряди в зажиме в момент удара по ней билом за счет амортизации направляющей [1]. Для подтверждения этого предположения был проведен эксперимент, схема установки для которого представлена на рис. 1

Силу натяжения нити 1, закрепленной одним концом на тензобалочке 2 и с подвешенным к свободному концу грузом 6, в момент удара по ней билом 5. регистрировали тензометрическим датчиком. Исследовали два варианта: с неподвижной дополнительной опорой и с подпружиненной 3: определяли вертикальную составляющую силы натяжения нити.

Для каждого из двух вариантов проводили свою серию экспериментов. Каждая серия включала десять повторностей – опытов. Целью каждого опыта была регистрация показаний тензометрического датчика за время ударного воздействия била на нить, перевод сигнала в

цифровой вид и получение графической зависимости изменения сил натяжения по времени

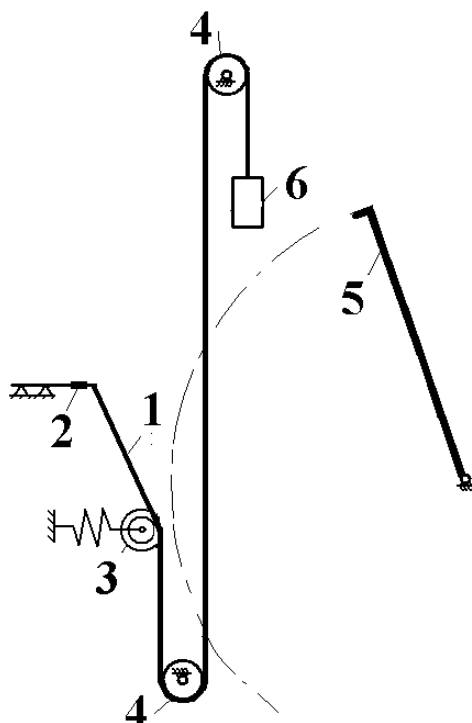


Рис.1. Схема экспериментальной установки для сравнения сил натяжения нити с подпружиненной и неподвижной опорными кромками
1 – нить, 2 – тензобалочка, 3 – дополнительная опора,
4 – неподвижный блок, 5 – било, 6 – груз

Для определения сил натяжения использовали тензоаппаратуру, состоящую из первичного датчика (тензобалочки), первичного усилителя сигналов и системы аналогово-цифрового преобразования (АЦП), а также ЭВМ.

В силу особенностей конструкции тензобалочки и схемы установки тензодатчика в опытах определяли только усреднённую относительную составляющую силы натяжения нити в точке зажима. Этого было достаточно для проведения сравнительных исследований различного закрепления дополнительной опоры: неподвижной и подпружиненной.

По результатам опытных данных были получены усреднённые зависимости изменения сил натяжения нити по времени. На рис. 2

представлены графики сил натяжения нити для вышеуказанных двух вариантов дополнительной опоры.

Из анализа результатов эксперимента следует, что в сравнении с неподвижным вариантом дополнительной опорной кромки [2] при использовании подпружиненной кромки наблюдается статистически доказуемое снижение максимальных значений сил натяжения.

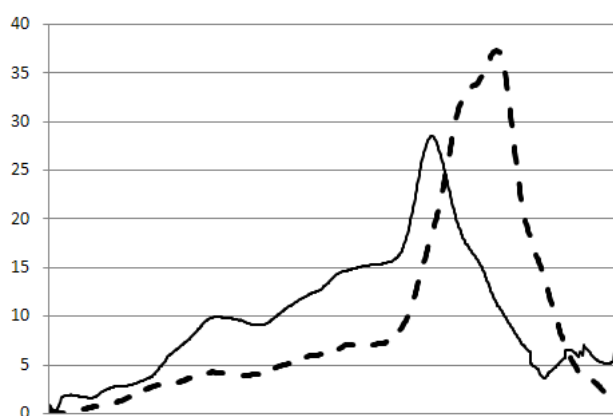


Рис. 2. Усреднённые зависимости изменения вертикальной проекции силы натяжения по времени для компоновки:

- 1) с неподвижной опорой;
- 2) с подпружиненной опорой

Статистические параметры замеров представлены в таблице

Характеристики \ Вариант компоновки	с неподвижным роликом	с подвижным роликом
Величина выборки	150	150
Среднее значение $T_{\text{МАКС}}$, Н	37,1	27,8
Коэффициент вариации	0,13	0,21
Относительная ошибка, %	4,03	4,12

Таким образом, проведенные опыты обеспечили получение экспериментального подтверждения предположения о снижении пиковых значений сил натяжения в зоне зажима при установке вблизи него

подпружиненной дополнительной кромки по сравнению с вариантом установки неподвижной опоры.

Для предварительной оценки влияния подпружиненной направляющей на снижение величины пикового натяжения пряжи была принята следующая модель взаимодействия слоя и подпружиненной кромки. Схема ее представлена на рис 3.

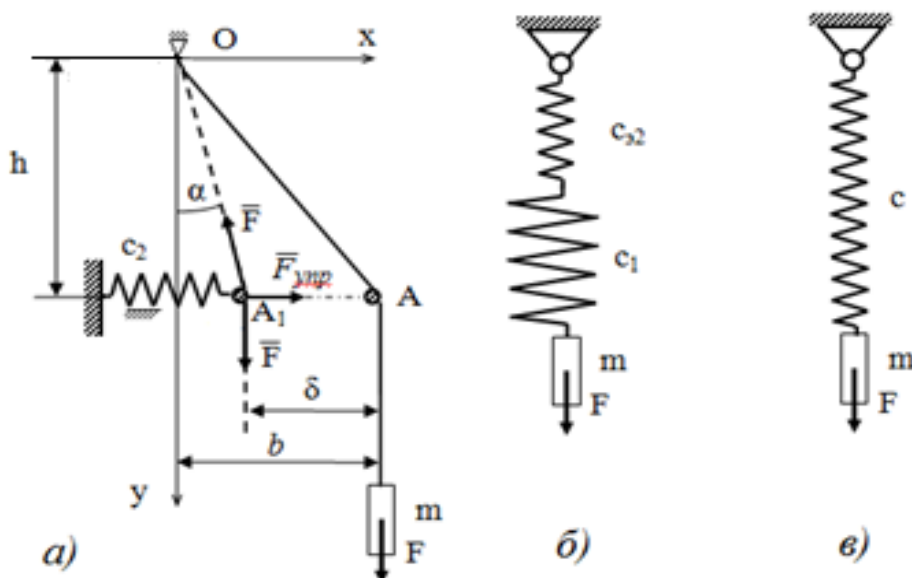


Рис. 3. Модель взаимодействия слоя и подпружиненной направляющей. О – зажим, А – положение ненагруженной направляющей, А1 – положение направляющей при действии силы F , h и b – сдвиг направляющей относительно зажима по вертикали и горизонтали соответственно

Представив обрабатываемый слой шириной 1 см в виде упругого элемента с жесткостью на растяжение c_1 придем к модели 3 б, а затем к 3 в, где жесткость эквивалентного упругого элемента – c , определим из равенства перемещений груза m под действием силы F . Перемещение груза $\Delta = F/c$ на схеме 3 в можно определить по формуле:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2, \quad (1)$$

где: $\Delta_1 = F/c_1$ – перемещение груза вследствие деформации слоя,

Δ_2 – вертикальное перемещение груза вследствие горизонтального смещения δ подпружиненной направляющей кромки (рис.3 а):

$$\Delta_2 = OA - OA_1 = \sqrt{b^2 + h^2} - \sqrt{(b - \delta)^2 + h^2} \quad (2)$$

Перемещение δ находим из равенства проекций сил на горизонтальную ось:

$$\begin{aligned} F \sin \alpha - F_{\text{уп}} &= 0, & F_{\text{уп}} &= c_2 \delta, \\ F \frac{b - \delta}{\sqrt{(b - \delta)^2 + h^2}} - c_2 \delta &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнение (3) решалось при следующих данных:

$h = 5$ мм, $c_1 = 100\,000$ Н/м, $c_2 = 1000, 10\,000, 50\,000$ Н/м.

При этом значения перемещения δ определялись при различных значениях силы F (от 2 Н до 8 Н) и сдвига препятствия b (от 1 мм до 7 мм)

Подставляя решение уравнения (3) в (2), а затем в (1) находили зависимость перемещения Δ от величины силы F . Например на рис. 4 представлен график для значений $b=7$ мм, $c_2=1000$ Н/м.

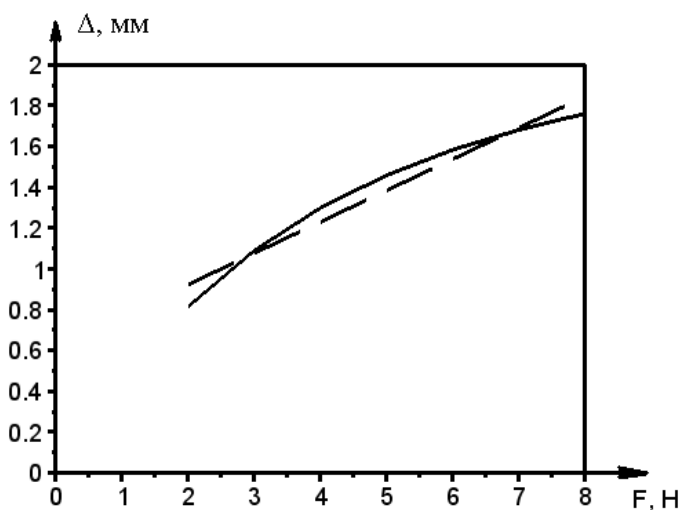


Рис. 4. Зависимость удлинения пряди Δ от приложенной силы F

Полученная зависимость линейно аппроксимировалась (на рисунке – пунктирная линия), коэффициент первой степени определял среднюю жесткость эквивалентного упругого элемента c . По указанной методике проведены расчеты для различных значений жесткости упругого элемента

c_2 и величины смещения препятствия b . Полученная зависимость представлена на рис. 5.

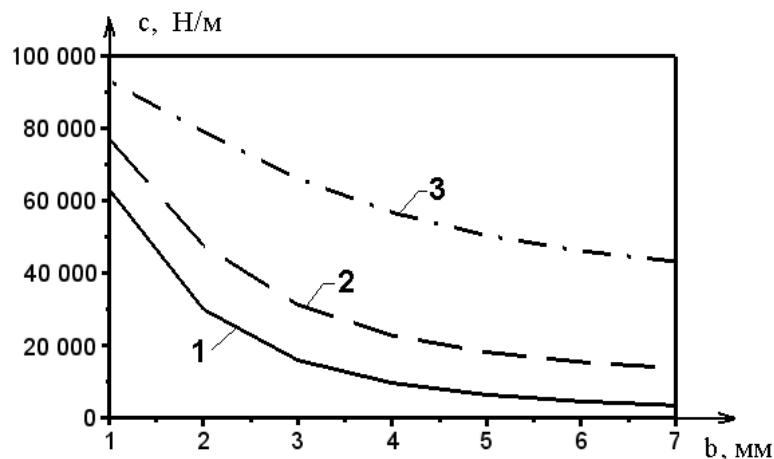


Рис. 5. Зависимость средней жесткости эквивалентного упругого элемента c от смещения направляющей b ; жесткость пружины:
1) $c_2=1000$ Н/м, 2) $c_2=10\,000$ Н/м, 3) $c_2=50\,000$ Н/м

В начале взаимодействия бильной планки с обрабатываемым слоем сырья сила натяжения слоя в сечении сбегания с кромки бильной планки быстро возрастает. При этом элементы слоя (пряди) начинают двигаться от сечения зажима, что соответствует заданию начальной скорости груза на рис. 3 в.

Уравнение движения груза m при условии выбора начала координат в положении статического равновесия груза под действием силы тяжести и силы F , имеет вид:

$$m\ddot{x} = -c(x + \Delta_{cm}) + F + G \quad (4)$$

или

$$\ddot{x} + k^2 x = 0, \quad \text{где: } k = \sqrt{c/m} \text{ — круговая частота колебаний (с}^{-1}\text{)}$$

Решение уравнения свободных колебаний:

$$x = a \sin(kt + \gamma), \quad (5)$$

$$\text{где амплитуда: } a = \sqrt{x_0^2 + (v_0/k)^2}, \quad (6)$$

начальная фаза: $\gamma = \arctg\left(\frac{x_0 k}{v_0}\right)$.

Тогда максимальная сила натяжения:

$$T = F + G + ca \quad (7)$$

Определили начальную скорость груза $v_0 = 0.89$ м/с из условия равенства максимальной силы натяжения 8 Н при отсутствии кромки-препятствия (эквивалентная жесткость равна жесткости слоя на растяжение: $c_1 = 100000$ Н/м), при $F = 4$ Н и массе пряди $m = 0.005$ кг.

Подставляя в уравнение (6) полученные значения жесткости эквивалентного упругого элемента, а полученную амплитуду в уравнение (7), определяли максимальное значение натяжения пряди для различных жесткостей пружины и смещения безынертной опоры А. Для оценки величины снижения пикового натяжения примем безразмерный параметр z , равный отношению максимального натяжения с учетом сдвига подпружиненной направляющей к максимальному натяжению при отсутствии сдвига направляющей). На рис 6 показана зависимость параметра z от смещения направляющей b для различных значений жесткости пружины c_2 .

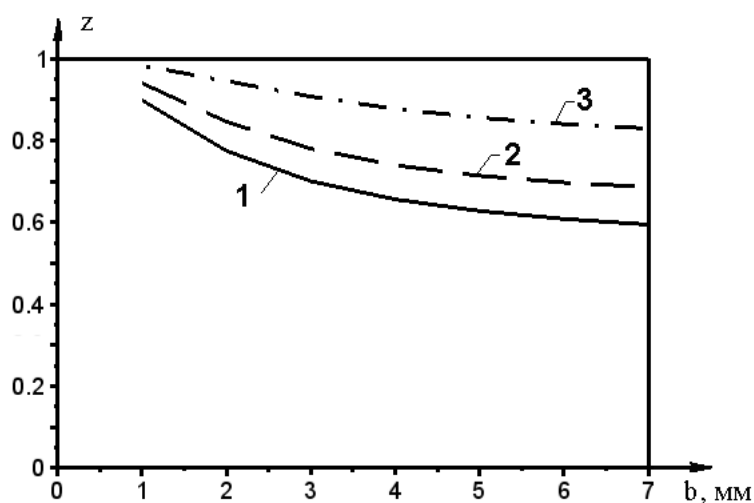


Рис. 6. Зависимость параметра z от смещения направляющей b ; жесткость пружины: 1) $c_2=1000$ Н/м, 2) $c_2=10\,000$ Н/м, 3) $c_2=50\,000$ Н/м

ВЫВОДЫ:

Анализируя полученные зависимости определили, что наибольшее снижение величины пиковых натяжений достигается для рассматриваемых вариантов при жесткости пружины $c_2 = 1000$ Н/м (на погонный сантиметр направляющей), независимо от смещения направляющей относительно зажима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. RU 2330130 Россия, МПК D01B 1/16, 1/22. Секция трепальной машины для обработки лубяных волокон / Е.Л.Пашин, С.В. Бойко, Д.А. Волков – Оpubл. 27.07.08, Бюл. № 21.
2. Бойко С.В. Теоретические и технические основы повышения эффективности процесса трепания недоработанного льняного волокна: дис. ... докт. техн. наук / С.В. Бойко –Москва, 2009.