

УДК 677.021

**УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ
В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ МОДИФИКАТОРА***

С.Н. РАЗИН

(Костромской государственный технологический университет)

В устройстве для модификации льняного волокна в ленте [1] бильные планки наносят удары по волокнистой ленте по схеме, показанной на рис.1, где 1 – волокнистая лента; 2 – подающая валковая пара; 3 – бильные планки; 4 – кожух устройства.

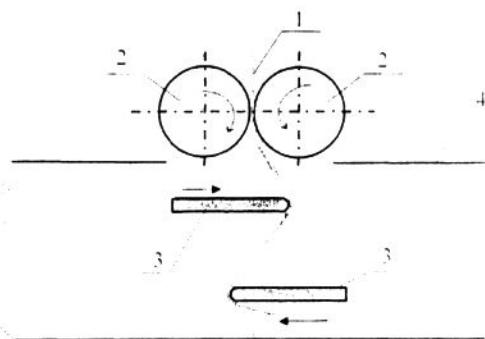


Рис. 1

При этом бильные планки подходят к зоне разволокнения ленты в двух плоскостях, меняя направление своего движения на противоположное через промежуток времени, который можно рассчитать по формуле:

$$T = 60 / n_6 k,$$

где n_6 – частота вращения бильных барабанов (об/мин); k – количество верхних бильных планок на двух барабанах устройства.

Данный промежуток времени можно разбить на два интервала, один из которых

T_1 соответствует продолжительности контакта ленты с билом, а другой, $T_2 = T - T_1$. При этом на первом этапе происходит дробление волокон как в продольном, так и в поперечном направлениях, а на втором – опускание ленты из отклоненного положения в исходное под действием сил тяжести и сил аэродинамического давления воздуха.

Как показывают расчеты, при числе верхних бил $k = 4$, длине ленты $L = 0,06$ м, расстоянии от точки зажима до плоскости движения верхних бил $h = 0,035$ мм, радиусе била $R = 0,35$ м и частоте вращения бильных барабанов $n_6 = 2000$ об/мин эти промежутки времени соответственно равны:

$$T = 0,0075 \text{ с}; T_1 = 0,0007 \text{ с}; T_2 = 0,0068 \text{ с}.$$

Ранее в [2] получены уравнения движения модели ленты на втором этапе, то есть на этапе, когда лента с билами не взаимодействует. При этом лента представлялась в виде трех стержней, соединенных между собой шарнирами и упругими элементами, препятствующими их повороту относительно друг друга.

Для решения этих уравнений была составлена программа на языке Delphi 7.0, использующая численный метод Эйлера. Основными параметрами, влияющими на процесс опускания являются: скорость v воздушного потока; жесткость c упругих

* Окончание. Начало см. в № 6 за 2004 г.

элементов; масса m каждого из стержней; коэффициент α аэродинамического сопротивления; расстояние h от точки зажима ленты до плоскости движения верхних бильных планок. Задача решалась при начальных условиях:

$$\varphi_i(0) = 0,95; \quad \dot{\varphi}_i(0) = 0; \quad i = 1,2,3$$

и следующих значениях перечисленных выше параметров:

$$v = 30 \text{ м/с}; \quad c = 10^{-4} \text{ Н}\cdot\text{м/рад}; \\ m = 0,24 \text{ г}; \quad \alpha = 0,1 \text{ кг/м}; \quad h = 0,035 \text{ м}.$$

Время τ опускания модели ленты, рассчитывалось из условия, при котором модель занимает наиболее близкое к вертикали положение. Это условие можно записать в виде

$$\Delta = \min(3 - \cos\varphi_1 - \cos\varphi_2 - \cos\varphi_3)L/3,$$

где Δ – расстояние от кончика ленты до прямой, лежащей ниже точки ее закрепления на расстоянии L .

В рассматриваемом случае это время: $\tau = 0,0063 \text{ с}$; при этом $\Delta = 0,4 \text{ мм}$.

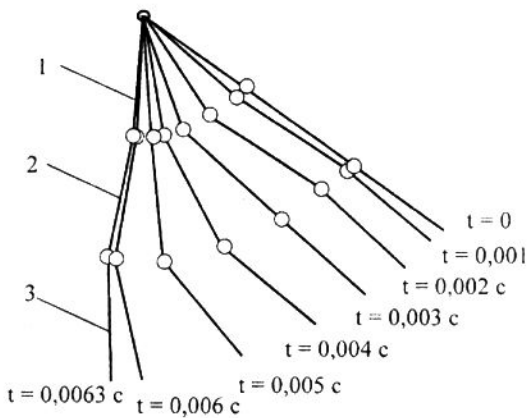


Рис. 2

Процесс опускания ленты представлен на рис. 2, где показано изменение положения модели ленты с течением времени, а цифрами 1,2,3 – номера соответствующих стержней модели. Положение ленты, соответствующее моменту времени 0,0063 с, наиболее близкое к вертикальному.

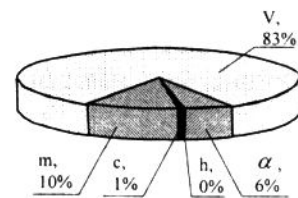
Представляет интерес исследование влияния отдельных факторов на изменение величины интервала времени τ опускания ленты.

С этой целью уравнения движения ленты были просчитаны для различных параметров, которые изменялись в следующих пределах:

- расстояние h от 30 до 35 мм;
- жесткость c упругих элементов от 10^{-5} до 10^{-3} Н·м/рад;
- скорость v воздушного потока от 10 до 70 м/с;
- коэффициент α аэродинамического сопротивления от 0,05 до $0,15 \text{ кг/м}^2$;
- масса m каждого из стержней от 0,12 до 0,48 г.

В результате проведенного исследования оказалось, что наиболее значимыми факторами, влияющими на величину интервала времени опускания ленты, являются в порядке убывания: скорость воздушного потока, масса стержня, коэффициент аэродинамического сопротивления. При этом увеличение скорости воздушного потока и коэффициента аэродинамического сопротивления приводят к уменьшению исследуемого интервала времени, а увеличение массы стержня – к его возрастанию. Влияние жесткости упругих элементов и расстояния от точки зажима до плоскости движения бильных планок незначительно.

Доли влияния перечисленных факторов на время опускания ленты представлены на рис.3.



- скорость воздушного потока;
- масса каждого из стержней;
- коэффициент аэродинамического сопротивления среды;
- жесткость упругих элементов;
- расстояние от точки зажима до плоскости движения бил.

Рис. 3

Скорость воздушного потока на входе в устройство для модификации льняного во-

локна в ленте определялась по расходу воздуха на его выходе. Поскольку при скоростях до 100 м/с воздух можно считать несжимаемым [3], то его скорость на входе в устройство определим по формуле

$$v = S_{\text{ВЫХ}} v_{\text{ВЫХ}} / S_{\text{ВХ}},$$

где $S_{\text{ВЫХ}}$ – площадь сечения выходного отверстия; $S_{\text{ВХ}}$ – площадь сечения входного отверстия; $v_{\text{ВЫХ}}$ – средняя скорость воздуха на выходе из устройства.

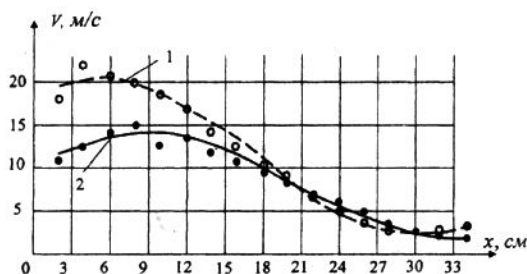


Рис. 4

На рис. 4 точками показаны экспериментально полученные значения скорости воздуха на выходе из устройства. Здесь же приведены графики аппроксимирующих функций. При этом цифрой 1 обозначен график данной зависимости в случае, когда на каждом из барабанов установлено по два верхних и два нижних била, а цифрой 2 – когда нижние бильные планки отсутствуют.

Аппроксимирующая функция в обоих случаях искалась в виде многочлена третьей степени. В результате расчета по методу наименьших квадратов были получены следующие зависимости:

$$f_1(x) = 0,0024x^3 - 0,1238x^2 + 1,0682x + 17,772,$$

$$f_2(x) = 0,0015x^3 - 0,089x^2 + 1,151x + 9,338.$$

Средняя скорость на выходе из устройства определялась по формуле:

$$v_{\text{ВЫХ}} = \int_0^d f(x) dx / d,$$

где d – ширина выходного отверстия; $f(x)$ – функция, аппроксимирующая зависимость скорости воздуха на выходе из устройства от расстояния.

При ширине выходного отверстия $d = 36$ см значения средней скорости на выходе из устройства получились равными:

$$V1_{\text{ср}} = 11,38 \text{ м/с}; \quad V2_{\text{ср}} = 9,28 \text{ м/с}.$$

Площади сечений на входе и выходе воздуха из устройства составляют соответственно 19,5 и 108 см². Учитывая, что кроме технологического зазора между кожухом и подающей валковой парой (в зоне разволокнения) имеются еще и отверстия над осями вращения бильных барабанов, предназначенные для очистки осей вращения от налипающих на них волокон, примем, что расход воздуха через эти отверстия равен половине общего расхода воздуха. Тогда средняя скорость воздушного потока на входе в устройство составит в первом случае 31,5 м/с, а во втором 25,7 м/с.

Значение коэффициента аэродинамического сопротивления можно найти по формуле [3]:

$$\alpha = \frac{1}{2} \rho c_x d = 0,6125 \text{ кг/м}^2,$$

где ρ – плотность воздуха (1,225 кг/м³), а параметр $c_x d = 100$ мм найден экспериментально.

Масса каждого стержня: $m = \gamma L / 3 = 0,24$ г, где γ – линейная плотность ленты (12 г/м); L – длина обрабатываемой ленты. При найденных значениях параметров время опускания ленты в первом случае составляет 0,0073 с, а во втором 0,0089 с.

Исследовалось и влияние силы тяжести на процесс опускания ленты. Изменение времени опускания, в случае пренебрежения силой тяжести, составляет не более 0,1% во всем диапазоне изменения варьируемых величин.

ВЫВОДЫ

1. Лента (при принятых допущениях) к моменту нанесения нового удара не успевает занять положение, близкое к вертикальному.

2. При отсутствии нижних бил отклонение ленты от вертикального положения больше.

3. Для обеспечения более быстрого опускания ленты следует предусмотреть мероприятия по увеличению расхода воздуха через устройство.

4. Сила тяжести практически не оказывает влияния на процесс опускания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение №2178022. Устройство для штапелирования льняного волокна в ленте / Разин С.Н., Пашин Е.Л. 10.01.2002.

2. *Разин С.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С. 25...28.

3. *Павлов Г.Г.* Применение аэродинамики в технологических процессах текстильной промышленности. – М., 1972.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и сопротивления материалов. Поступила 30.11.04.