

УДК 677.021.151.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ,
УСТАНОВЛЕННОЙ ВБЛИЗИ ЗАЖИМА ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ,
НА НАТЯЖЕНИЕ ЛЬНЯНЫХ ПРЯДЕЙ**

**INFLUENCE OF ADDITIONAL ELEMENTS INSTALLED
NEAR TRANSPORTER BELT OF SCUTCHING MACHINE
ON FLAX FIBER TENSION**

Д.А. ВОЛКОВ
D.A. VOLKOV

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: wolkstation@mail.ru

Предлагается техническое решение для интенсификации обескостривания волокна при трепании путем установки в трепальной машине вблизи зажимного транспортера упругой направляющей. Рассчитаны основные конструктивные параметры направляющей, исследовано ее влияние на нагружение сырца при трепании.

Proposed scutching machine modernization by installation of additional elements near transporter belt. Parameters of proposed elements are calculated. Influence of proposed elements on flax tension during scutching process is determined.

Ключевые слова: льняное волокно, трепание, трепальная машина.

Keywords: flax fiber, scutching, scutching machine.

Ранее нами предложен способ интенсификации процесса обескостривания льна при трепании за счет применения пассивных направляющих, установленных вблизи зажимного транспортера [1], позволяющий снизить закрученность в средней части пряжи. Дальнейшие исследования выявили, что применение таких направляющих увеличивает пиковые значения силы натяжения волокна и тем самым повышает вероятность его обрыва. Для снижения пиковых натяжений предложено использовать эффект амортизации, для чего сделать направляющую подвижной и упругой.

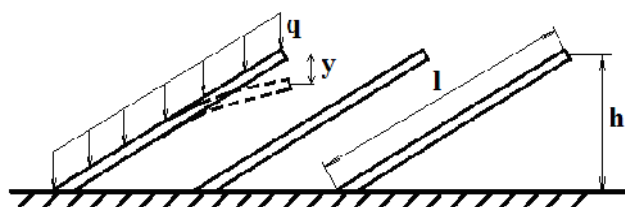


Рис. 1

Размеры элементов рассчитываются из условия ограничения их вынужденных колебаний допустимой величиной, определяемой конструктивно необходимым зазором $y=4$ мм. Длина проволочек и величина их вылета h определяются из условий интенсификации процесса обескостривания [1]. Таким образом, регулируемой величиной остается диаметр проволочек. Задавшись длиной проволочек $l=100$ мм и высотой вылета $h=20$ мм, определим диаметр d

Нами предлагается выполнить направляющую в виде отдельных упругих элементов, имеющих возможность отклоняться в пространстве независимо друг от друга. Конструктивно направляющую предлагается выполнить в виде набора металлических проволочек, закрепленных под углом к осевой линии. Чтобы обеспечить амортизацию по всей длине слоя, консольные элементы устанавливаются "с перекрытием" (рис. 1). Схема размещения направляющей в секции трепальной машины приведена на рис. 2.

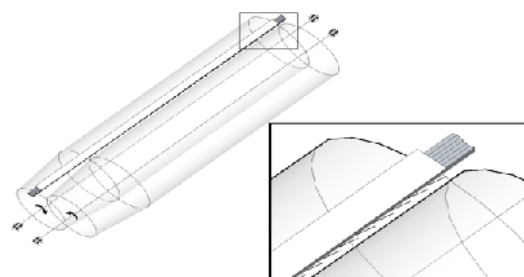


Рис. 2

проволоки из условия, что под действием внешней распределенной силы $q=400$ Н/м максимальный прогиб не должен превышать $y=4$ мм.

Как известно из [2], прогиб балки с жестко заделанным концом под действием распределенной силы q равен:

$$y = \frac{q\ell^4}{8EJ}. \quad (1)$$

Для балки круглого сечения:

$$y = \frac{8q}{\pi E} \left(\frac{\ell}{d} \right)^4. \quad (2)$$

Отсюда получаем:

$$\frac{\ell}{d} = \sqrt[4]{\frac{\pi y E}{8q}}. \quad (3)$$

Для обеспечения прогиба $y = 4$ мм, принимая модуль Юнга для стали $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м², получим $\ell/d = 29,77$. При $\ell = 100$ мм получим $d = 3,36$ мм. Для обеспечения запаса жесткости, примем $d = 3,5$ мм.

Оценим возможность работы консольной проволоки в области резонанса. Для этого определим частоту основной (первой) формы собственных колебаний консольной балки по формуле (4), где $\alpha_1 = 1,875$:

$$p = \frac{\alpha_1^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{E \ell}{m_0}}. \quad (4)$$

Первая частота собственных колебаний балки равна 1530 рад/с.

Частота возмущающих воздействий на кромку со стороны слоя сырца для трехбильных барабанов, вращающихся с частотой 200...300 мин⁻¹, составляет 64...95 рад/с. Таким образом, частота собственных колебаний балки существенно превышает частоту внешней силы, что исключает работу в условиях резонанса.

Как известно, динамические прогибы могут значительно превышать статические. Сравним статический и динамический прогибы на свободном конце зашпеленного стержня, к концу которого приложена сила $F = P \sin(pt)$, воспользовавшись результатами исследования [2]:

– статический прогиб

$$y_{ст} = \frac{P \ell^3}{3EJ}, \quad (5)$$

– динамический прогиб

$$y_{дин} = \frac{4P \ell^3}{EJ} \left(\frac{\beta_1}{1,875^4} + \frac{\beta_2}{4,694^4} + \dots \right) \sin(pt), \quad (6)$$

где динамический коэффициент, соответствующий первой форме колебаний:

$$\beta_1 = \frac{1}{1 - \frac{p^2}{\omega_1^2}}. \quad (7)$$

При малых значениях $\frac{p}{\omega}$ (в нашем случае – менее, чем 0,06), "...высокую точность при определении прогибов стержня получим, удержав только первый член этого ряда" [2, стр. 395]. Определив отношение динамического прогиба к статическому, установили, что динамический прогиб будет не более чем на 3% превышать статический. Это установленное обстоятельство позволяет рассчитывать величину прогиба из условия статического нагружения по формуле (5) с учетом небольшого коэффициента запаса. Таким образом, установлено, что при длине упругих элементов $\ell = 100$ мм, высоте вылета $h = 20$ мм, диаметре $d = 3,5$ мм вынужденные колебания упругих элементов под действием внешней распределенной периодической нагрузки $q_{max} = 400$ Н/м, величина динамического прогиба составит 3,5 мм, что находится в допустимом диапазоне.

Далее был проведен опыт по оценке влияния упругих направляющих на силовое нагружение прядей. На экспериментальной трепальной машине [3] в первой части трепальной секции была установлена жесткая направляющая, а во второй части секции – направляющая, состоящая из массива упругих элементов в виде консольно закрепленных упругих балок круглого сечения диаметром 2 мм с примерным значением модуля продольной упругости $625 \cdot 10^3$ кгс/см². Параметры этих элементов обеспечивали сходство с выступлениями пассивной направляющей по величине отклонения пряди от линии зажима и времени отклонения. Фото направляющих представлено на рис. 3 (слева – жесткая направляющая, справа – упругая направляющая, вид сверху).

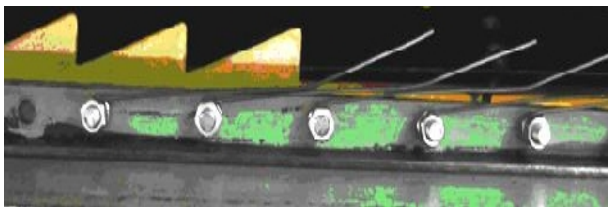


Рис. 3

Измерение натяжений осуществляли при скоростях вращения трепальных барабанов 110, 150 мин⁻¹. Величина выборок (количество оцениваемых сигналов) составляла для каждого варианта 3000...5000 реализаций. Статистическую обработку данных осуществляли на основе построения гистограмм по классам формируемых натяжений, а также путем определения доверительных оценок средних значений усилий при 95%-ной доверительной вероятности.

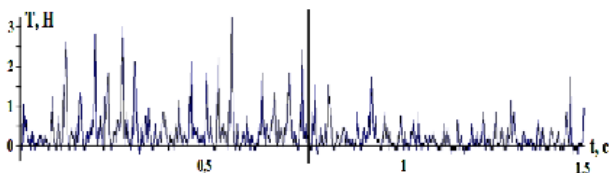


Рис. 4

На рис. 4 представлен фрагмент тензограммы, демонстрирующий изменение натяжения пряжи при прохождении части трепальной секции, оборудованной жесткой направляющей – до отсечки на графике и части, оборудованной упругими элементами – после отсечки. Эксперимент подтвердил существенное снижение натяжения пряжи за счет применения упругой направляющей по сравнению с жестким аналогом на 50...90% для различной частоты вращения трепальных барабанов.

Исполнение направляющей в виде массива упругих элементов позволяет легко дифференцировать интенсивность воздействий на сырец по длине секции трепальной машины за счет варьирования длины и жесткости упругих элементов. Предлагаемая модернизированная секция трепальной машины запатентована [4], решение принято к использованию заводом им. Г.К. Королева.

ВЫВОДЫ

1. Предложено техническое решение по модернизации трепальных машин путем установки вблизи зажимного транспортера направляющей, состоящей из упругих элементов. Данное решение позволяет снизить закрученность льняного волокна, особенно в средней части пряжи.

2. Установлено, что применение упругих элементов позволяет снизить силу натяжения пряжи по сравнению с ранее предложенными жесткими элементами на 50...90%, в зависимости от частоты вращения трепальных барабанов.

3. Исполнение направляющей в виде массива упругих элементов позволяет легко дифференцировать воздействие на обрабатываемый сырец по длине секции трепальной машины, что особенно актуально при модернизации трепальных машин с винтовыми трепальными барабанами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Д.А., Енин М.С., Пашин Е.Л., Бойко С.В. Интенсификация процесса обескостривания льна с применением пассивных рабочих планок // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 29...32.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Кузнецов Г.К., Савиновский В.И., Янушевский Д.А. Станок для экспериментального исследования процесса трепания лубяных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, № 2. С. 105...106.
4. Пат. 151853 Россия, МПК D01B 1/14 (2006.01). Секция трепальной машины для обработки лубяных волокон / Е.Л. Пашин, Д.А. Волков, А.В. Орлов; заявка №2014135577/12 от 01.09.2014; Оpubл. 20.04.2015, Бюл. № 11.

REFERENCES

1. Volkov D.A., Enin M.S., Pashin E.L., Bojko S.V. Intensifikacija processa obeskostrivanija l'na s primeneniem passivnyh rabochih planok // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 29...32.
2. Timoshenko S.P. Kolebanija v inzhenernom dele. – M.: Mashinostroenie, 1985.
3. Kuznecov G.K., Savinovskij V.I., Janushevskij D.A. Stanok dlja jeksperimental'nogo issledovanija processa trepanija lubyanyh volokon // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1980, № 2. S. 105...106.

4. Pat. 151853 Rossiya, MPK D01B 1/14 (2006.01). Sekcija trepal'noj mashiny dlja obrabotki lubjanyh volokon / E.L. Pashin, D.A. Volkov, A.V. Orlov; zajavka №2014135577/12 ot 01.09.2014; Opubl. 20.04.2015, Bjul. № 11.

Рекомендована кафедрой инженерной графики, теоретической и прикладной механики. Поступила 30.09.15.
