

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ БИЛЬНЫХ ПЛАНОК, ШАРНИРНО ЗАКРЕПЛЕННЫХ НА ТРЕПАЛЬНОМ БАРАБАНЕ МОДИФИКАТОРА

С.Н. Разин, Т.Ю. Смирнова

(Костромской государственной технологической академии),

Ю.Ю. Городецкая

(Костромская государственная сельскохозяйственная академия)

В статье рассматривается возможность повышения производительности устройства для модификации льняного волокна за счет использования подвижных бильных планок, шарнирно закрепленных на диске трепального барабана; проведен анализ изменения положения бильных планок с течением времени.

Ключевые слова: льняное волокно, механическая модификация, трепальный барабан, подвижная бильная планка, центр масс системы, центробежная сила инерции

Устройство для модификации (штапелирования) льняного волокна, работающее по принципу двухстороннего высокоскоростного трепания ленты [1], предназначено для получения штапелированных льняных волокон, максимально сходных по длине и толщине с теми волокнами, которые могут быть использованы при получении смесовой пряжи или других изделий [2-4].

В настоящее время ведутся исследования, направленные на повышение производительности данного устройства. При этом наряду с повышением производительности ставится цель – обеспечить неизменность геометрических характеристик (длина, линейная плотность) модифицированного льняного волокна. Для сохранения средней длины волокна на определенном уровне необходимо обеспечить неизменность скорости нанесения ударов по ленте.

Первоначально была предложена конструкция трепального барабана с неподвижными бильными планками (рис. 1) [2, 5, 6].

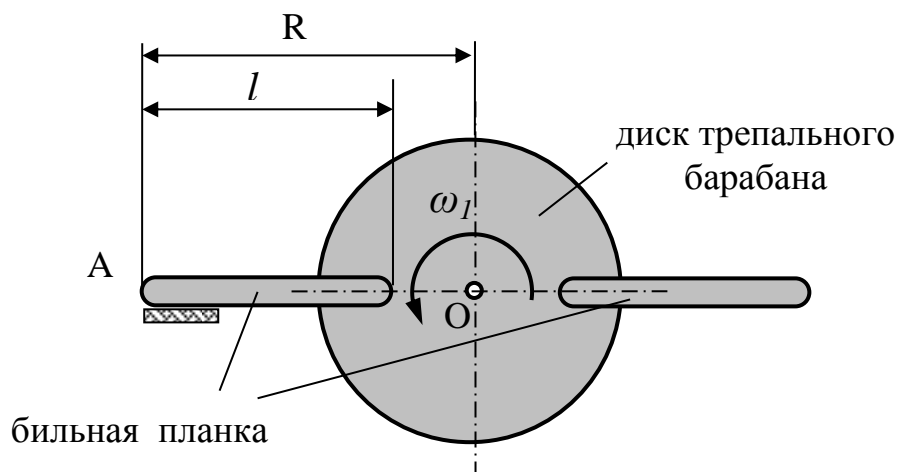


Рис. 1. Трепальный барабан с неподвижными бильными планками

Для такой конструкции увеличения производительности можно достичь за счет повышения угловой скорости вращения трепальных барабанов и скорости питания волокнистой ленты. Однако с ростом угловой скорости вращения барабанов происходит и нарастание скорости нанесения ударов бильной планки по волокнистой ленте. Это приводит к изменению геометрических характеристик волокна, в частности уменьшается средняя длина волокон, увеличивается доля волокон «пуховой» группы. Таким образом, для рассмотренной конструкции трепального барабана увеличивать угловую скорость нецелесообразно, поскольку происходит ухудшение качества модифицированного волокна.

Анализ конструктивно-технологических параметров устройства позволил выявить несколько направлений совершенствования его конструкции, обеспечивающих достижение поставленных целей [7, 8].

Наиболее перспективным, по нашему мнению, является применение трепальных барабанов с подвижными бильными планками, шарнирно закреплёнными на диске трепального барабана.

В работах [7, 8] предлагается устанавливать шарнир на конце бильной планки (рис. 2), что дает возможность повысить частоту вращения диска барабана без изменения скорости нанесения удара планкой по ленте.

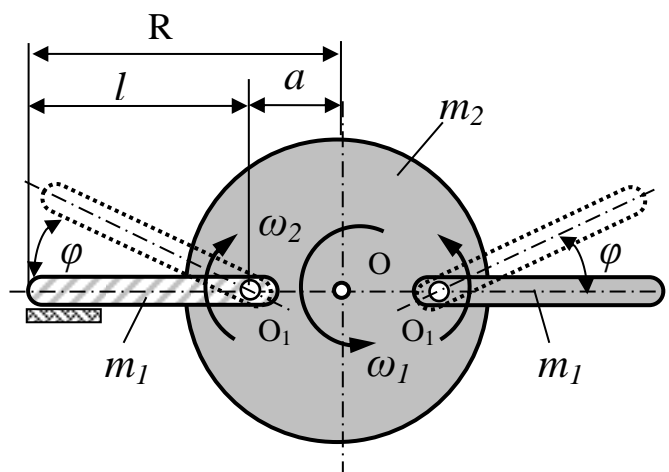
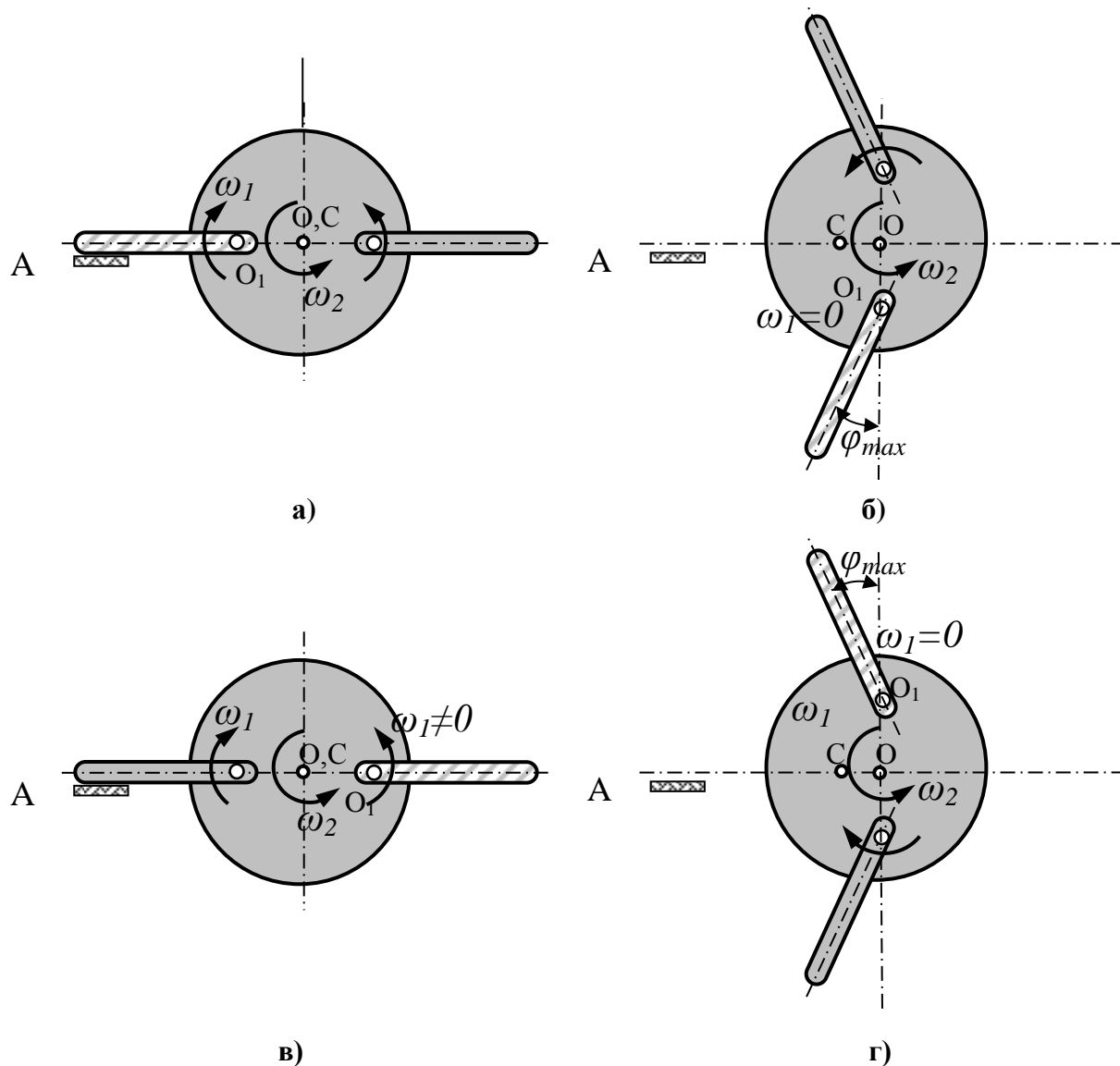


Рис. 2. Трепальный барабан с подвижными бильными планками

В этом случае, если бильная планка при подходе к ленте будет двигаться в направлении, противоположном вращению диска барабана, скорость нанесения удара снизится. Для сохранения ее на прежнем уровне необходимо будет увеличить частоту вращения диска трепального барабана, а это в свою очередь позволит увеличить скорость подачи волокнистой ленты без изменения условий ее обработки.

Предположим, что в момент нанесения удара по волокнистой ленте $\tau = 0$ бильная планка занимает радиальное положение (рис. 3а). В результате взаимодействия с лентой бильная планка начнет вращаться в направлении, противоположном вращению диска барабана. Для решения поставленной задачи необходимо, чтобы частота возмущающей силы (частота вращения диска трепального барабана) совпала с частотой собственных колебаний бильной планки, т.е. в системе возник резонанс. В работе [9] показано что, резонанса можно достичь, если принять параметр $a = \frac{2}{3}l$. В этом случае амплитуда колебаний бильной планки с течением времени будет расти, а значит, угловая скорость движения планки относительно диска барабана в момент ее взаимодействия с волокнистой лентой будет постепенно увеличиваться.

Проанализируем движение бильных планок при установившемся режиме. При резонансе в момент времени $\tau = \frac{T}{4}$ (T – период вращения диска трепального барабана) бильная планка отклонится на максимальный угол φ_{\max} (рис. 3б) и ее угловая скорость будет равна нулю. В момент времени $\tau = \frac{T}{2}$ планка займет радиальное положение (рис. 3в) и будет вращаться в попутном с диском направлении. При $\tau = \frac{3}{4}T$ – вновь отклонится на угол φ_{\max} , но уже в противоположном направлении (рис. 3г).



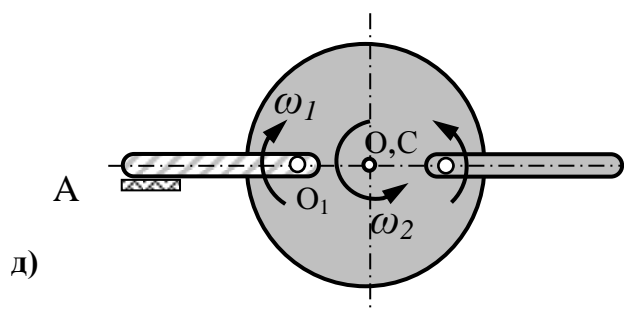


Рис. 3. Изменение положения бильных планок с течением времени:

а – момент удара по ленте $\tau = 0$; б – момент времени $\tau = \frac{T}{2}$; в – момент времени $\tau = \frac{3}{4}T$; г – момент времени $\tau = T$.

В момент начала следующего взаимодействия $\tau = T$ бильная планка займет радиальное положение и при этом начнет двигаться в направлении, противоположном вращению диска трепального барабана (рис. 3д). Для второй бильной планки рассуждения аналогичны.

В процессе эксплуатации устройства с такой конструкцией трепальных барабанов при отклонении бильной планки от радиального положения происходит смещение центра масс системы «трепальный барабан – бильные планки» (т. С) и возникает сила инерции, которая негативно действует на подшипники, приводя к сокращению срока их эксплуатации и повышению вибрации механизма в целом.

Максимальную центробежную силу инерции можно определить по следующей формуле:

$$F^u = (2m_1 + m_2)\omega_2^2 Y_c, \quad (1)$$

где m_1 – масса бильной планки; m_2 – масса диска, на котором установлены бильные планки; ω_2 – угловая скорость вращения диска трепального барабана; Y_c – максимальное отклонение центра масс системы «барабан-бильные планки» (т. С) от оси вращения барабана (т. О).

Максимальное отклонение центра масс системы от оси вращения можно найти по формуле:

$$Y_c = \frac{2m_1 \frac{l}{2} \sin \varphi}{2m_1 + m_2}. \quad (2)$$

С учетом (2) формула (1) примет вид:

$$F^u = \omega^2 m_1 l \sin \varphi. \quad (3)$$

Например, если максимальное отклонение бильной планки от радиального положения составит $\varphi = 30^0$, то при частоте вращения трепального барабана $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ ($\omega = 200 \text{ с}^{-1}$), длине бильной планки $l = 0,2 \text{ м}$, массе каждой планки $m_1 = 0,2 \text{ кг}$, массе диска трепального барабана $m_2 = 3 \text{ кг}$ максимальное отклонение центра масс системы от оси вращения будет равно $Y_c = 0,0059 \text{ м}$, а центробежная сила инерции – $F^u \cong 799,7 \text{ Н}$.

При этом с увеличением максимального угла поворота бильной планки $\varphi_{\max} = 0^0$ до $\varphi_{\max} = 30^0$ максимальная центробежная сила инерции F^u возрастает практически пропорционально углу φ , т.к. для малых углов $\sin \varphi \approx \varphi$.

Анализ формулы (3) позволяет сделать заключение о том, что, если диск хорошо отбалансирован, т.е. центр масс диска находится на оси его вращения, то максимальное значение силы инерции не зависит от массы диска, на котором установлены бильные планки. Однако на практике этот случай не возможен – отклонение центра масс диска от оси вращения имеется всегда. Исходя из этого, массу диска следует выбирать наименьшей. Из формулы (3) следует также, что для снижения центробежной силы инерции масса бильных планок должна быть минимально возможной. При этом масса и размеры планки должны обеспечивать необходимую ее жесткость. В противном случае могут возникнуть большие отклонения конца планки от плоскости, перпендикулярной оси вращения барабана. Если величина таких отклонений превысит величину технологического зазора

между кожухом и планкой, то произойдет касание планкой кожуха, что станет причиной поломки устройства.

Другим путем снижения центробежной силы инерции может быть смещение шарнира бильной планки ближе к её центру масс.

ВЫВОДЫ

Анализ конструктивного исполнения модификатора с подвижными бильными планками позволяет установить следующее:

1. Использование подвижных бильных планок позволяет увеличить производительность устройства без ухудшения качества получаемого волокна.
2. Установка бильной планки на диске барабана с помощью шарнира, расположенного на ее конце, приводит к появлению больших динамических нагрузок на подшипники и появлению вибрации.
3. Уменьшения этих нагрузок возможно достичь за счет применения барабана и планок меньших масс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л. Способ механического штапелирования льняного волокна в ленте / Смирнова Т.Ю., Разин С.Н.// Патент на изобретение RUS 2206646. – Оpubл. 29.04.2002.
2. Пашин Е.Л. Совершенствование технологии механической модификации льна: монография/Е. Л. Пашин, Т. Ю. Смирнова, С. Н. Разин. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИИЛК, 2004. – 140 с.
3. Переработка отходов трепания льна /Пашин Е.Л., Разин С.Н., Смирнова Т.Ю.//Аграрная наука, 2004. – № 5. – С. 27-28.
4. Пашин Е.Л. Энергосберегающая технология переработки отходов трепания льна/Е. Л. Пашин, В. В. Щечкин, С. Н. Разин, Т. Ю. Смирнова//Вестник Российской академии сельскохозяйственных – М.: 2007, №6. – С.82-84.

5. Разин С.Н., Смирнова Т.Ю., Пашин Е.Л. Анализ процесса модификации льняного волокна в ленте на основе двухстороннего трепания/Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур. – Кострома, 2003. – 50 с. – Деп. в ВИНТИ 19.05.03 № 973-B2003.

6. Разин С.Н. Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: монография/С. Н. Разин, Е. Л. Пашин. – Кострома: Изд-во Костромс. гос. технол. ун-та, 2005. – 156 с.

7. Разин, С.Н. Пути повышения производительности устройства для модификации льняного волокна/С.Н. Разин, Т.Ю. Смирнова//Научные достижения -льноводству: материалы науч.-практ. конф. – Торжок, 2010. – С. 378.

8. Анализ возможных направлений совершенствования устройства для модификации льняного волокна в ленте /Разин С.Н., Смирнова Т.Ю.//Научный вестник Костромского государственного технологического университета. 2009. № 2. – С. 27.

9. Определение условий работы модификатора с подвижными бильными планками /Разин С.Н., Смирнова Т.Ю.// Вестник Костромского государственного технологического университета, 2011. – № 2. – С. 9-11.

10. Алгоритм расчета угловой скорости вращения трепальных барабанов модификатора с подвижными бильными планками /Разин С.Н., Смирнова Т.Ю.//Научный вестник Костромского государственного технологического университета. 2011. – № 2. – С. 20.