

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ
СВОБОДНОГО УЧАСТКА ПРЯДИ ЛЬНОСЫРЦА
ПО КРОМКЕ ТЫЛЬНОЙ ПЛАНКИ БАРАБАНА
ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ТРЕПАНИИ**

М.С. ЕНИН, С.Е. МАЯНСКИЙ, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Получено уравнение движения свободного участка пряди по кромке тыльной планки била барабана при одностороннем трепании, которое позволяет определить влияние режимно-конструктивных параметров на характер движения этого участка.

The equation of movement of a strand free section on an edge of the back stave of a drum beater blade at a unilateral scutching process is received, which allows to define influence regime-design data on the character of this section movement.

Ключевые слова: одностороннее трепание, выход длинного волокна, кромка тыльной планки, уравнение движения свободного участка пряжи, влияние режимно-конструктивных параметров.

С целью повышения выхода длинного волокна предложено для подготовки льна к основному (двухстороннему) трепанию использовать после процесса мятья известную дополнительную операцию обогащения сырца [1]. Для ее реализации целесообразно применить одностороннее трепание одновременно обоих концов пряди при вращении барабанов «вразбежку» [2]. В этом случае из слоя сырца, зажато в его средней части транспортером, парой барабанов будет удаляться костра и короткие пряди.

При реализации данного процесса важное значение имеет обеспечение контакта

материала с билами трепального барабана. Дело в том, что в известных конструкциях для реализации одностороннего трепания [3] в целях обеспечения взаимодействия прядей с билами используются специальные ограждения, которые приводят к усложнению машины и ухудшают условия для удаления костры.

Следует отметить, что применительно к двухстороннему трепанию известен способ влияния на характер движения свободного участка пряди при его сходе с рабочей кромки тыльной планки за счет специально установленной тыльной планки [4]. Ее использование при определенных режим-

но-конструктивных параметрах процесса трепания позволяет влиять на перемещение упомянутого участка пряжи. В процессе движения он будет стремиться в сторону оси вращения барабана, обеспечивая требуемый контакт с тыльной планкой. Поэтому использование этого известного решения при одностороннем трепании представляет практический интерес. В этой связи требуется решение задачи по исследованию движения свободного участка пряжи при указанном выше способе одностороннего трепания.

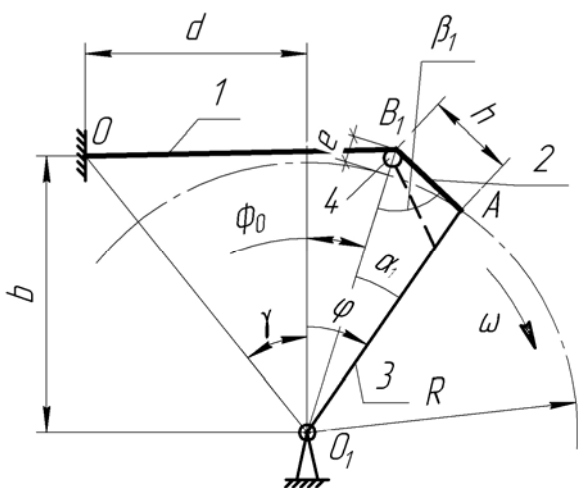


Рис. 1

Для получения уравнения движения свободного участка пряжи при его сходе с рабочей кромки била при одностороннем трепании рассмотрим схему на рис. 1, где показано взаимодействие зажатой пряжи только с одним барабаном при положении била в момент схода пряжи с рабочей кромки бильной планки А. На схеме: 1 – пряжь льняного сырца, 2 – свободный участок пряжи, 3 – било барабана, 4 – тыльная планка.

Одним из факторов, влияющих на движение свободного участка пряжи 2 по кромке B_1 тыльной планки 4 (по которой скользит пряжь), является геометрическое местоположение точек А и B_1 . Координаты точки B_1 зададим размерами h и e . Используя теорему синусов, найдем углы α_1 и β_1 треугольника O_1AB_1 [5]:

$$\alpha_1 = 2 \operatorname{arctg} \frac{r}{p-h}; \beta_1 = 2 \operatorname{arctg} \frac{r}{p-R},$$

где $p = \frac{1}{2}(2R + e + h)$ – полупериметр тре-

угольника O_1AB_1 ; $r = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(h^2 - e^2)(2R + e - h)}{2R + e + h}}$ –

радиус вписанной в треугольник O_1AB_1 окружности.

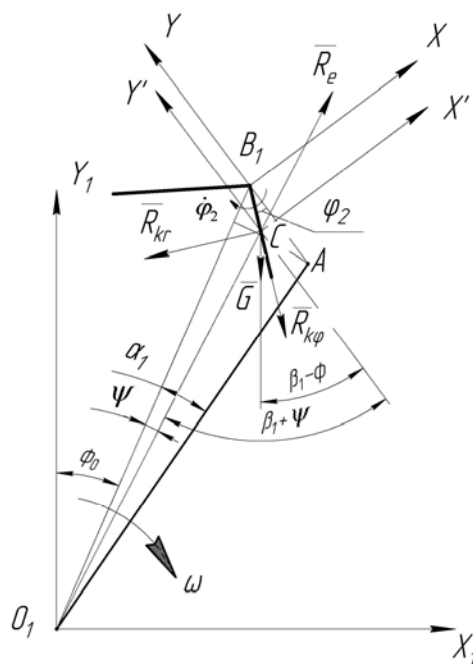


Рис. 2

Рассмотрим кинематические характеристики свободного участка пряжи. На рис. 2 он изображен в произвольном положении. Считаем, что в момент схода с рабочей кромки А свободный участок пряжи будет поворачиваться на угол ϕ_2 вокруг кромки B_1 тыльной планки в сторону оси барабана (по часовой стрелке). Свободный участок пряжи совершает сложное движение по отношению к двум системам отсчета: подвижной B_1XY , связанной с кромкой B_1 , и условно неподвижной $O_1X_1Y_1$, связанной с осью вращения барабана. Продольное движение пряжи вдоль оси вращения барабана не учитываем, то есть рассматриваем движение пряжи в плоскости, перпендикулярной оси вращения барабана. Кроме этого, считаем, что свободный участок пряжи однороден и прямолинеен, а

силой сопротивления воздуха при его движении и шириной бильной планки пренебрегаем.

В относительном движении свободный участок пряжи движется вдоль себя и поворачивается относительно точки B_1 , поэтому скорость его центра масс C будет иметь две составляющие [6]:

$$\bar{V}_r = \bar{V}_{gr} + \bar{V}_{r\phi}, \quad (1)$$

где V_{gr} – относительная скорость центра масс свободного участка пряжи, возникающая из-за изменения ее длины. Так как

$$OB_1 = \sqrt{(R+e)^2 + b^2 + d^2 - 2(R+e)\sqrt{b^2 + d^2} \cos(\gamma + \phi - \alpha_1)},$$

где $\gamma = \arctg\left(\frac{d}{b}\right)$.

Переносное движение центра масс пряжи представляет собой его вращение вместе с билом вокруг точки O_1 . Считая это вращение равномерным, ускорение центра масс пряжи в переносном движении по модулю равно $a_e = a_e^n = \omega^2(O_1C)$ и направлено от т. C к т. O_1 .

Найдем расстояние O_1C (от оси вращения барабана O_1 до центра масс C свободного участка пряжи длиной l) и значение угла ψ (рис. 2):

$$O_1C = \sqrt{(R+e)^2 + \frac{l^2}{4} - (R+e)l \cos(\beta_1 - \phi_2)};$$

$$\psi = \arccos \frac{2(R+e) - l \cos(\beta_1 - \phi_2)}{2\sqrt{(R+e)^2 + \frac{l^2}{4} - (R+e)l \cos(\beta_1 - \phi_2)}}.$$

Учитывая (1), ускорение Кориолиса центра масс свободного участка пряжи имеет две составляющие: $a_K = a_{K_r} + a_{K_\phi}$, где по модулю $a_{K_r} = 2\omega V_{gr} = \omega l \dot{\phi}$, $a_{K_\phi} = \omega \dot{\phi} l$; ω – частота вращения реального барабана.

центр масс свободного участка находится в его середине, то эта скорость будет в два раза меньше скорости движения пряжи по кромке била, то есть $V_{gr} = \frac{\dot{\phi} l}{2}$; $l = L - OB_1$

– длина свободного участка пряжи; L – длина пряжи, находящаяся в обработке; $V_{r\phi}$ – относительная скорость центра масс свободного участка пряжи, возникающая из-за его вращения вокруг точки B_1 . Эту скорость можно найти, как $V_{r\phi} = \dot{\phi} \frac{l}{2}$.

Длину участка OB_1 найдем из ΔO_1OB_1 :

Рассмотрим динамику относительного движения свободного участка пряжи. Для этого прикладываем в его центре масс следующие силы (рис. 2):

– силу тяжести $G = mg = \mu l g$, где μ – линейная плотность пряжи, g – ускорение свободного падения;

– главный вектор переносной силы инерции, который по модулю равен $R_e = ma_e^n = \mu l \omega^2 O_1C$ и направлен от центра вращения барабана;

– главные векторы кориолисовых сил инерции, которые направлены противоположно соответствующим ускорениям и равны:

$$R_{K_r} = ma_{K_r} = \mu l \omega \dot{\phi}; \quad R_{K_\phi} = ma_{K_\phi} = \mu \omega \dot{\phi} l^2.$$

Сила трения пряжи по кромке и сила ее натяжения на рис. 2 не показаны, поскольку их моменты относительно центра вращения (т. B_1) равны нулю.

Для составления дифференциального уравнения движения свободного участка пряжи в относительном движении используем теорему об изменении кинетического момента, записав ее относительно точки B_1 :

$$\frac{dK_{B1}}{dt} = R_e \cos(\beta_1 + \psi) \frac{1}{2} \sin \phi_2 - R_e \sin(\beta_1 + \psi) \frac{1}{2} \cos \phi_2 + R_{кр} \frac{1}{2} + G \sin(\beta_1 - \varphi_0) \frac{1}{2} \cos \phi_2 - G \cos(\beta_1 - \varphi_0) \frac{1}{2} \sin \phi_2, \quad (2)$$

где φ_0 – угол, характеризующий положение тыльной кромки B_1 в момент схода пряди с рабочей кромки A :

$$\varphi_0 = \arccos \left(\frac{(R+e)^2 + b^2 + d^2 - (L-h)^2}{2(R+e)\sqrt{b^2 + d^2}} \right) - \gamma.$$

Заметим, что при вращении барабана длина рассматриваемого свободного участка пряди будет уменьшаться, поэтому переменным будет и значение его кинетического момента:

$$\frac{dK_0}{dt} + \frac{3}{1} \frac{d\phi_2}{dt} \dot{\phi}_2 - \frac{3\omega}{21} \dot{\phi}_2 + \frac{3}{21} \omega^2 (O_1C) \sin(\beta_1 + \psi - \phi_2) + \frac{3g}{21} \sin(\phi_2 - \beta_1 + \varphi_0) = 0. \quad (3)$$

В отличие от работ [4] и [6] в модели (3) учитывается влияние координат точки зажима пряди относительно центра враще-

$$K_0 = J_0 \dot{\phi}_2^2 = \left(\frac{m l^2}{3} \right) \dot{\phi}_2^2 = \frac{\mu l^3}{3} \dot{\phi}_2^2.$$

Тогда:

$$\frac{dK_0}{dt} = \mu \frac{\dot{\phi}_2^3}{3} + \mu \dot{\phi}_2 \ddot{\phi}_2 l^2.$$

После подстановки в (2) полученных выше величин и преобразований, получим дифференциальное уравнение движения свободного участка пряди:

ния барабана на угол поворота свободного участка.

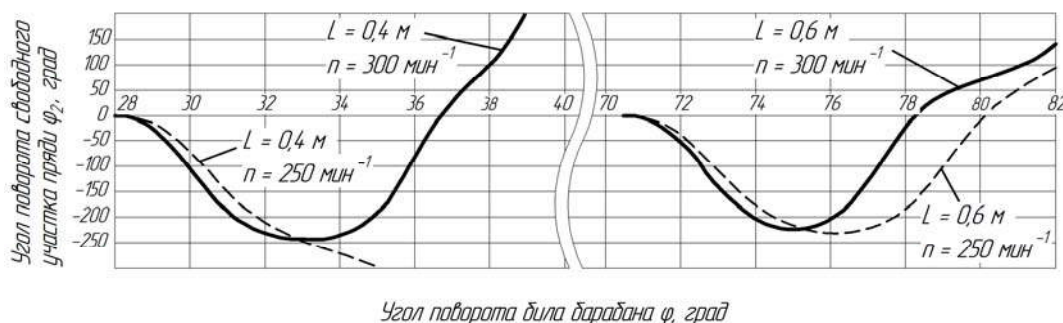


Рис. 3

В результате решения уравнения (3) численным методом Рунге-Кутты в системе математического моделирования Mathcad (при начальных условиях: $\phi_2(0) = 0$; $\dot{\phi}_2(0) = 0$) получены графические зависимости угла поворота свободного участка пряди от угла поворота била барабана при разных длинах пряди L (рис. 3). Ориентируясь на применяемые на практике параметры трепальных барабанов, в модели (3) использовались следующие режимно-

конструктивные параметры: $R = 0,3$ м; $b = d = 0,25$ м; $e = 0$ м; $h = 0,15$ м; $\omega = 26,2$ рад/с ($n = 250$ мин⁻¹). Пределы интегрирования принимаем из условия прохождения свободным участком пряди участка AB_1 .

Так как при получении зависимости (3) было принято условие, что свободный участок пряди вращается по часовой стрелке, то расположение кривых на рис. 3 в зоне отрицательных значений углов поворота свидетельствует об отклонении его от центра барабана. Для сравнения прове-

дены расчеты для двух длин пряжи, находящихся в обработке: $L = 0,4$ м и $0,6$ м.

В результате моделирования установлено, что при длине пряжи $L = 0,6$ м после начального отклонения ее свободного участка от центра барабана в последующий момент времени наблюдается его прижатие к тыльной планке, то есть отклонение к центру вращения барабана (график переходит в область положительных значений). При трепании пряжи меньшей длины также возможны случаи, когда исследуемый (свободный) ее участок к моменту схода с кромки тыльной планки захлестнется за нее. Однако характер перемещения отличается от варианта с большей длиной пряжи. Из этого следует, что, вероятно, существуют определенные сочетания режимно-конструктивных параметров, которые способствуют прижатию свободного участка пряжи к тыльной планке.

ВЫВОДЫ

1. Получено уравнение движения свободного участка пряжи по кромке тыльной планки при одностороннем трепании, которое позволяет определить влияние режимно-конструктивных параметров на характер движения этого участка.

2. Проведен анализ характера движения свободного участка пряжи. Установле-

но, что в зависимости от исследуемых режимно-конструктивных параметров может наблюдаться отклонение свободного участка пряжи как от центра барабана, так и к центру барабана, что будет определять наличие контакта материала с тыльной планкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьячков В.А. Интенсификация процесса удаления костры при обработке лубяных волокон в мьяльных машинах: Дис... канд. техн. наук.– Кострома, 1986.
2. Патент РФ № 2117082. Способ получения длинного лубяного волокна и устройство для его осуществления / Смирнов. Б.И., Смирнов А.Б., Смирнов В.Б., Сизов И.П., Астреин Э.П. Оpubл. 10.08.1998.
3. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины: Дис... канд. техн. наук.– Кострома, 1998.
4. Бойко С.В. Теоретические и технические основы повышения эффективности процесса трепания недоработанного льняного волокна: Дис... докт. техн. наук.– М., 2008.
5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука. Физматлит, 1998.
6. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 04.06.10.

