

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СВОБОДНОГО УЧАСТКА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ ТРЕПАНИИ

С.В. БОЙКО, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)

В результате экспериментальных исследований установлен факт преимущественного выделения волокнистых отходов из концевых участков льняной пряжи [1]. Очевидно, что обработка этих участков существенно отличается от условий взаимодействия бил барабана с волокном в других зонах поля трепания. В то же время существующие математические модели взаимодействия обрабатываемой волокнистой пряжи при трепании разработаны при допущении, что при сходе пряжи с одного била ее свободный участок мгновенно перемещается на подбильную решетку била смежного барабана [2...4].

Проведенные нами наблюдения за поведением пряжи при трепании с использованием стробоскопа не подтвердили, что это явление является обязательным. Были выявлены также иные ситуации. В связи с этим существующие теоретические положения нельзя в полной мере использовать при изучении упомянутых особенностей

обработки льняного волокна. Подтверждением такого вывода являются результаты логического объяснения Кузьминским А.Б. сложности явлений поочередного перехода горсти между билами барабанов [2, стр.119].

При объяснении причин формирования волокнистых отходов частной задачей является исследование геометрических условий перемещения свободного участка пряжи при трепании.

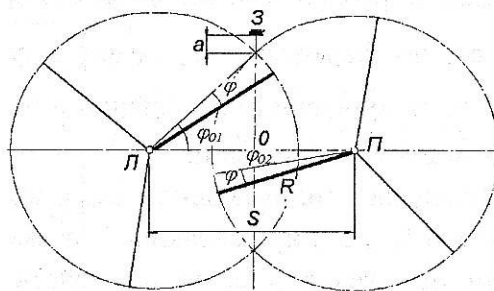


Рис. 1

Рассмотрим поперечный разрез секции трепальной машины с трехбильными барабанами (рис.1). Введем следующие обозначения: R – радиус барабана; S – межосевое расстояние барабанов; a – расстояние от верхней точки зоны трепания до точки зажима волокна в колодке; (x_n, y_n) – координаты оси вращения правого барабана; (x_l, y_l) – координаты оси вращения левого барабана; (x_3, y_3) – координаты точки зажима волокна; φ_{01} – угол наклона била левого барабана к горизонту в момент удара (в начальный момент времени $t = 0$); φ_{02} – угол наклона била правого барабана к горизонту в момент удара. Координатная ось Ox – ось, проходящая через центры вращения барабанов. Ось Oy делит межосевое расстояние пополам.

Определим (x_1, y_1) – координаты кромки верхнего (на рисунке левого) била и (x_2, y_2) – координаты кромки нижнего (на рисунке правого) била. Определение будем осуществлять при условии, что эти координаты являются функцией текущего угла поворота барабанов φ .

В начальный момент времени $\varphi = 0$, тогда $\varphi = \omega t$, где ω – угловая скорость вращения барабанов. С учетом этого: $x_1 = R\cos(\varphi_{01}-\varphi)-S/2$, $y_1 = R\sin(\varphi_{01}-\varphi)$; $x_2 = S/2-R\cos(\varphi_{02}+\varphi)$, $y_2 = -R\sin(\varphi_{02}+\varphi)$; $x_3 = 0$, $y_3 = R\sin\varphi_{01}+a$; $\varphi_{01} = \arccos(S/2R)$, $\varphi_{02} = \pi/N - \varphi_{01}$, где N – количество бил трепального барабана. Для трехбильного барабана $\varphi_{02} = \pi/3 - \varphi_{01}$.

Длины распрямленных участков пряжи найдем по формуле: $l_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$, где Δx_i и Δy_i – разница значений координат концов участка пряжи.

Определим минимальную l_{\min} и максимальную l_{\max} длину свисающей от зажима пряжи при условии ее взаимодействия с двумя билами.

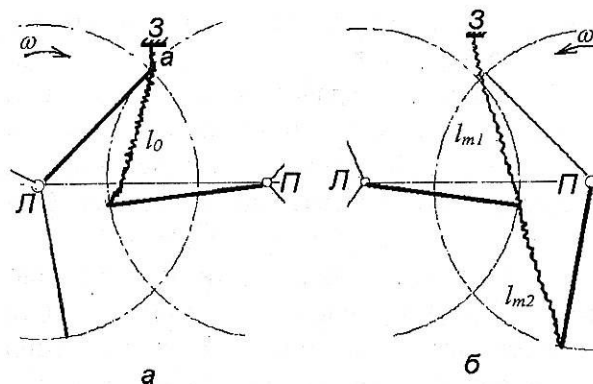


Рис. 2

Из рис.2, где а – минимальная, а б – максимальная длины пряжи, следует: $l_{\min} = a + l_0$, где l_0 – длина пряжи между кромками в момент удара (рис.2-а); $l_{\max} = l_{m1} + l_{m2}$, где l_{m1} – длина пряжи между зажимом и кромкой верхнего била; l_{m2} – длина пряжи между кромками перед моментом следующего удара (рис.2-б).

Найдем геометрические условия подведения пряжи под удар. Анализ проведем применительно к геометрическим характеристикам трепальной машины с трехбильными барабанами: $R=0,37\text{м}$; $S=0,52\text{м}$; $a=0,02\text{м}$; $l_{\min} = 0,38\text{м}$; $l_{\max} = 0,65\text{м}$.

Поскольку волокнистая пряжа не является жестким стержнем, а обладает гибкостью, будем рассматривать движение пряжи в каждый момент времени как движение твердого стержня с идеальными шарнирами в точках опоры на кромку бильной планки.

В момент схода пряжи с кромки била будем считать, что переносная скорость свободного конца пряжи будет направлена так же, как скорость точки ее соприкосновения с нижней кромкой, то есть перпендикулярно к плоскости била нижнего барабана.

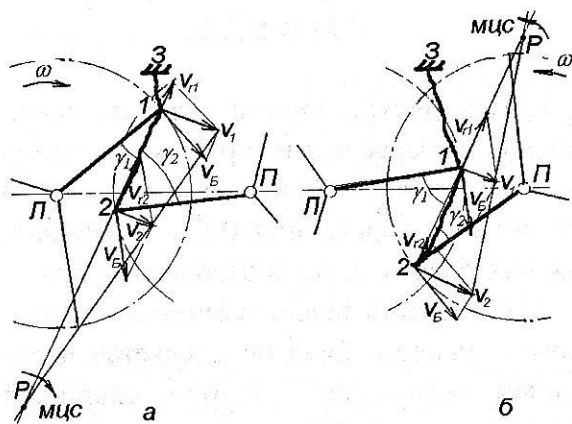


Рис. 3

Для момента схода пряди с кромки нижнего била определим положение мгновенного центра скоростей участка пряди между верхним и нижним билом (на рис.3 – отрезок 1-2). Векторы скоростей точек 1 и 2 – точек соприкосновения пряди с кромками бил – равны векторной сумме переносной скорости вместе с билом \vec{v}_6 , перпендикулярной радиусу била, и относительной скорости \vec{v}_r , направленной вдоль пряди 1-2; $\vec{v} = \vec{v}_6 + \vec{v}_r$ (рис.3-а).

Мгновенный центр скоростей (м.ц.с.) определим как точку пересечения прямой, являющейся продолжением участка пряди "1-2" и прямой, соединяющей концы векторов скоростей \vec{v}_1 и \vec{v}_2 .

Угловым коэффициентом k_{12} прямой 1-2 рассчитаем по формуле:

$$k_{12} = (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2).$$

Углы между участком пряди 1-2 и плоскостью соответствующего била:

$$\gamma_1 = \arctg k_{12} - \varphi_{01} + \varphi,$$

$$\gamma_2 = \arctg k_{12} - \varphi_{02} - \varphi.$$

Для определения расстояния C от точки 2 до м.ц.с. P за начало отсчета примем точку 2, а положительным направлением отсчета будем считать направление от 1 к 2. Тогда из подобия треугольников $1PV_1$ и $2PV_2$ величину искомого расстояния C можно рассчитать следующим образом:

$$C = \ell_{12} / (\cos \gamma_1 / \cos \gamma_2 - 1). \quad (1)$$

Длина обрабатываемой пряди $\ell = \ell_{12} - \ell_{31}$; где ℓ_{12} – длина пряди между верхней 1 и нижней 2 кромками; ℓ_{31} – длина пряди между зажимом 3 и верхней кромкой 1. С увеличением длины обрабатываемой пряди ℓ от $\ell_{\min} = 0,38$ м до $\ell_{\max} = 0,65$ м величина расстояния C изменяется.

Случай равенства углов $\gamma_1 = \gamma_2$ является "критическим". Это очевидно и следует из структуры формулы (1).

В этом случае координаты м.ц.с. находятся в "бесконечности" и прядь при сходе при таком расположении бил будет совершать мгновенно-поступательное движение. Направление последующего ее движения является неопределенным. Соответствующая этому условию длина обрабатываемой пряди $\ell_{кр}$ при вышеуказанных условиях трепания будет равна 0,50 м. Последующее перемещение участка пряди с такой длиной, вероятно, будет зависеть от факторов, определяющих характер аэродинамических процессов.

Условием подвода пряди под верхнее било при сходе с нижнего для случая двухстороннего трепания трехбильными барабанами при принятой системе координат является условие $C > 0$. В этом случае начальный угловой разворот отрезка пряди 1-2 относительно м.ц.с. будет совершаться навстречу надвигающемуся верхнему билу (рис.3-а). При условии $C < 0$ прядь в момент схода с била нижнего барабана будет отводиться от била противоположного барабана (рис.3-б).

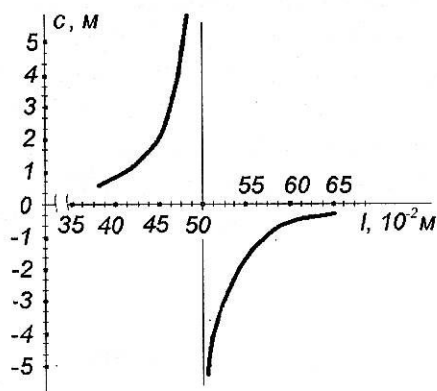


Рис. 4

На основе предложенного метода определим зависимость параметра C от длины свисающей в поле трепания пряжи ℓ при вышеуказанных исходных данных. График данной зависимости представлен на рис.4.

Анализ полученной зависимости позволяет заключить, что при длине свисающей в рабочую зону трепания пряжи от 0,38 до 0,50 м в момент схода ее свободного участка с била нижнего барабана он будет подводиться под удар противоположного барабана. Если в поле трепания будет находиться пряжа с длиной от 0,50 до 0,65 м, то в момент ее схода с била нижнего барабана свободный участок пряжи будет отводиться от била противоположного барабана. При длине обрабатываемой пряжи 0,50 м направление дальнейшего движения исследуемого участка является не определенным в рамках проводимого геометрического анализа.

Для изучения следующих после схода пряжи с нижнего била перемещений свободного участка (для всех указанных классов длины пряжи), вероятно, следует принимать во внимание всю совокупность режимно-конструктивных факторов трепания и свойств обрабатываемого материала. Однако решение такой задачи будет являться предметом последующих исследований.

1. При двухстороннем трепании трехбильными барабанами при сходе пряжи волокна с нижнего била возможны случаи как подвода горсти под било противоположного барабана, так и отвода от него.

2. Поведение пряжи в момент схода с кромки нижнего била определяется положением мгновенного центра скоростей элементов ее участка, расположенного между кромками верхнего и нижнего бил, а также длиной пряжи от места зажима.

3. Установлен факт наличия длины пряжи, при которой начальное направление движения свободного участка пряжи после схода с била является неопределенным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безбабченко А.В., Пашин Е.Л. Зависимость потерь волокна при трепании льна от его свойств и условий обработки//Вестник ВНИИЛК. – 2003, №1. С. 44...47.
2. Кузьминский А.Б. Теоретические основы процесса трепания лубяных волокон. – Л.: Гизлегпром, 1940.
3. Савиновский В.И. Динамическое исследование и методы расчета бильных барабанов трепальных машин: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1971.
4. Пашин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 02.02.05.