

УДК 677.021

**АНАЛИЗ УГЛОВОГО СМЕЩЕНИЯ СВОБОДНЫХ УЧАСТКОВ ПРЯДЕЙ ЛЬНА
ПРИ ИХ ПЕРЕМЕЩЕНИИ В ПОЛЕ ТРЕПАНИЯ**

**ANALYSIS OF ANGULAR DEVIATION OF FLAX STRANDS'
FREE ENDS DURING THEIR MOVEMENT THROUGH SCUTCHING AREA**

А.В. ОРЛОВ, С.В. БОЙКО, Е.Л. ПАШИН
A.V. ORLOV, S.V. BOYKO, E.L. PASHIN

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

В статье описано явление углового смещения свободного участка пряжи в плоскости подбильной решетки при его перелете с одного барабана на другой. Установлено, что величина углового смещения зависит от ускорения конца свободного участка пряжи при его перемещении вдоль била в момент схода, длины этого участка и скорости ее изменения. Отмечено, что максимальные угловые смещения возникают в конусной части барабана. Высказано предположение об ухудшении условий трепания вследствие перекрещивания разнодлинных прядей.

The article describes phenomenon of flux strands' free ends inclination as projected on the grid plane during strand's movement from one beating drum onto another. Dependency of the value of said inclination from free end's acceleration at the moment of losing contact with beater's edge, initial length of the free end and said length's rate of change has been determined. It's noted that the largest inclinations can be expected to happen in the cone section of the drum. Hypothesis has been stated that strands of different length will cross each other during scutching process, negatively influencing scutching conditions.

Ключевые слова: трепание, прядь, сгруживание пряди, винтовая линия била, угол конуса барабана, угол подъема винтовой линии била.

Keywords: scutching, strand, strand unloading, helix beater, drum cone angle, beater helix angle.

Эффективность процесса трепания льна во многом определяется условиями расположения прядей в слое относительно кро-

мок бильных планок [1]. В [2], [3] исследовано положение участков пряди в зонах от ее зажима до точек начальных сопри-

косновений бил с прядями, а также для участков между соседними билами. Установлено, что в условиях перемещения слоя вдоль трепальной секции пряди располагаются под углом к плоскости поперечного сечения барабана. Поэтому в условиях сложного движения пряди в момент схода ее свободного участка с била вероятны угловые смещения, или "свал", этого участка

в продольной плоскости. В результате после перелета пряди с одного била на другое она, вероятно, будет располагаться на подбильной решетке не под прямым углом к бильной планке. Такое поведение пряди будет приводить к сгуживанию слоя, что неизбежно вызовет увеличение ее натяжения и, как следствие, рост волокнистых потерь при трепании.

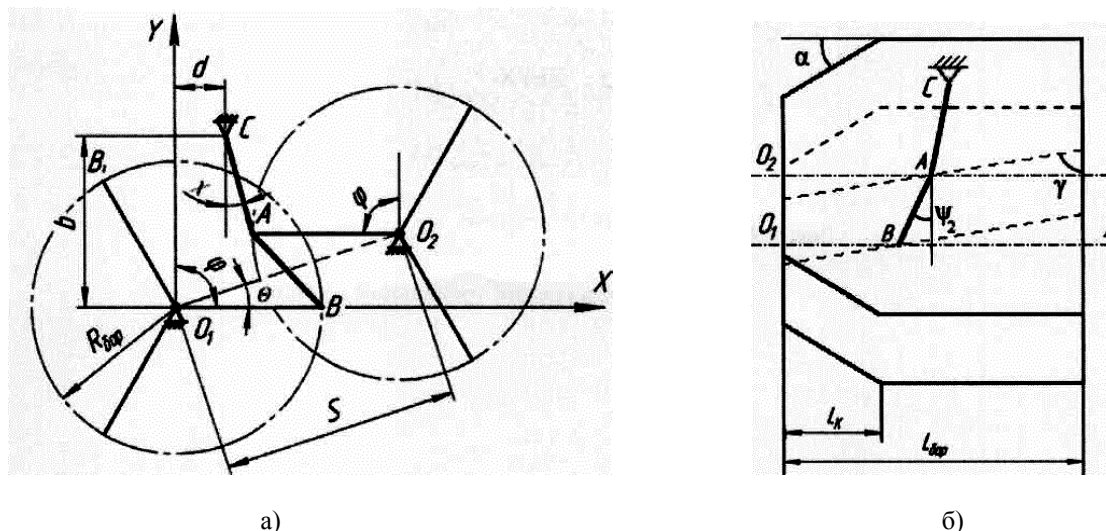


Рис. 1

Рассмотрим на рис. 1 секцию трепальной машины. Обозначим: А – точка соприкосновения пряди с кромкой била правого барабана, В – точка соприкосновения пряди с кромкой била левого барабана, С – точка зажима.

В зависимости от длины пряди применительно к существующим конструкциям трепальных барабанов существуют два возможных случая ее поведения:

а) – в случае длинных прядей (длина обрабатываемого участка 47 см и более) било правого барабана ударяет по пряди до того, как прядь сойдет с кромки била левого барабана. Таким образом, в течение некоторого промежутка времени прядь взаимодействует с двумя кромками;

б) – при коротких прядях (длина обрабатываемого участка 46 см и менее) било правого барабана ударяет по пряди уже после того, как прядь сойдет с кромки била левого барабана. Таким образом, в каждый момент времени прядь взаимодействует не более чем с одной кромкой.

С учетом указанных случаев количество взаимодействующих кромок определяется соотношением:

$$\varphi_{2 \min} < \varphi_{1L \max}, \quad (1)$$

где $\varphi_{2 \min}$ – угол поворота барабанов, при котором кромка А (рис. 1) входит в поле трепания, а $\varphi_{1L \max}$ – угол поворота барабанов, при котором расстояние от зажима С до кромки В превышает длину пряди.

Для случая с длинными прядями соотношение (1) выполняется и прядь считается взаимодействующей с двумя кромками. При этом угол $\varphi_{L \max}$, при котором конец свободного участка пряди соскользнет с кромки В била левого барабана, будет определяться неравенством:

$$|\overline{CA}| + |\overline{AB}| \leq l_n.$$

В случае коротких прядей соотношение (1) не выполняется, и прядь считается вза-

имодельствующей не более чем с одной кромкой, а угол $\varphi_{L \max}$, характеризующий момент потери контакта кромки с прядью, составит $\varphi_{L \max} = \varphi_{IL \max}$.

Поведение свободного участка пряди будем рассматривать в подвижной системе координат $X'Y'Z'$ с началом координат в точке А (рис 1, система $X'Y'Z'$ на рисунке не отмечена) с сохранением направления осей. Эта система является неинерциальной и совершает движение по дуге окружности относительно базовой системы координат XYZ .

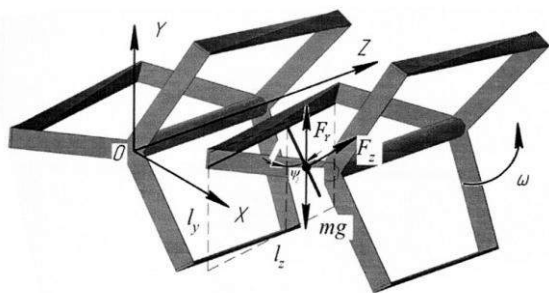


Рис. 2

Рассмотрим поведение проекции свободного участка пряди на плоскость $Y'Z'$ непосредственно после слета конца пряди с кромки била (рис. 2 – обрабатываемая прядья и силы, способствующие ее смещению на угол ψ_2). В этот момент на прядья в рассматриваемой плоскости $Y'Z'$ действуют две силы: проекция на ось Z' силы инерции F_z , вызванной неравномерным скольжением пряди вдоль кромки, и сила тяжести mg . В первом приближении аэродинамические эффекты не учитываем.

Воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента для описания движения свободного участка пряди:

$$\frac{dK_{X'}}{dt} = M_{F_z'} - M_{mg} - M_{\omega y'}, \quad (3)$$

где $K_{X'}$ – момент количества движения пряди относительно оси AX' ; $M_{F_z'}$ – момент относительно оси AX' проекции F_z силы инерции на ось Z' , вызванной неравномерным движением пряди вдоль трепальной секции; M_{mg} – момент относительно оси AX' силы тяжести mg , направ-

ленной вдоль оси Y' ; $M_{\omega y'}$ – момент относительно оси AX' проекции F_y силы инерции на ось Y' , вызванной движением кромки била.

Модуль составляющей момента силы инерции на ось AX' можно вычислить, заменив радиус-вектор середины свободного участка пряди на радиус-вектор середины его проекции на плоскость $Y'Z'$.

Рассмотрим проекцию свободного участка пряди на плоскость $Y'Z'$ и примем ее за однородный тонкий стержень длиной l_{yz} и массой $m = \mu l_{yz}$, где μ – линейная плотность пряди. Тогда момент количества движения составит:

$$K_{X'} = \frac{1}{3} \dot{\psi}_2 m l_{yz}^2 = \frac{1}{3} \mu \dot{\psi}_2 l_{yz}^3. \quad (4)$$

Продифференцировав обе части по t , получим:

$$\frac{dK_{X'}}{dt} = \frac{1}{3} \mu \ddot{\psi}_2 l_{yz}^3 + \mu \dot{\psi}_2 l_{yz}^2 \dot{l}_{yz}. \quad (5)$$

Величину проекции силы инерции на ось AZ' можно определить, зная массу свободного участка пряди и ускорение a_z , с которым движется свободный участок. Тогда момент относительно оси AX' проекции силы инерции пряди на ось Z' будет определяться следующим образом:

$$M_{F_z} = m a_z \frac{1}{2} l_{yz} \cos \psi_2 = \frac{1}{2} \mu a_z l_{yz}^2 \cos \psi_2, \quad (6)$$

где $\frac{1}{2} l_{yz} \cos \psi_2$ – плечо интересующей нас проекция силы инерции.

Аналогично момент силы тяжести относительно оси AX' будет определяться силой mg , действующей на плечо длиной $l_{yz} \cos \psi_2$. Тогда:

$$M_{mg} = m g_z \frac{1}{2} l_{yz} \sin \psi_2 = \frac{1}{2} \mu g l_{yz}^2 \sin \psi_2. \quad (7)$$

Момент $M_{\omega y'}$ проекции центробежной силы инерции на ось AY' будет определяться величиной проекции ускорения движения бильной планки на ось Y' :

$$M_{uy'} = ma_{uy'} \frac{1}{2} \ell_{yz} \sin \psi_2 = \frac{1}{2} \mu a_{uy'} \ell_{yz}^2 \sin \psi_2. \quad (8)$$

Подставив выражения с (5) по (8) в равенство (3), получим:

$$\mu \left(\frac{1}{3} \ddot{\psi}_2 \ell_{yz}^3 + \dot{\psi}_2 \dot{\ell}_{yz} \ell_{yz}^2 \right) = \frac{1}{2} \mu a_z \ell_{yz}^2 \cos \psi_2 - \frac{1}{2} \mu g \ell_{yz}^2 \sin \psi_2 - \frac{1}{2} \mu a_{uy'} \ell_{yz}^2 \sin \psi_2.$$

Преобразуем, перенеся все слагаемые в левую часть равенства и избавившись от

коэффициента перед $\ddot{\psi}_2$, к следующему виду:

$$\ddot{\psi}_2 + \frac{3\dot{\psi}_2 \dot{\ell}_{yz}}{\ell_{yz}} - \frac{3}{2\ell_{yz}} a_z \cos \psi_2 + \frac{3}{2\ell_{yz}} g \sin \psi_2 + \frac{3}{2\ell_{yz}} a_{uy'} \sin \psi_2 = 0.$$

После дополнительных преобразований получим нелинейное дифференциальное

уравнение, описывающее процесс свала пряжи:

$$\ddot{\psi}_2 + \frac{3\dot{\psi}_2 \dot{\ell}_{yz}}{\ell_{yz}} - \frac{3}{2\ell_{yz}} \sqrt{(g + a_{uy'})^2 + a_z^2} \sin \left(\psi_2 - \arctg \left(\frac{a_z}{g + a_{uy'}} \right) \right) = 0. \quad (9)$$

Начальные условия для его решения, а именно начальный угол отклонения пряжи ψ_2 и скорость его изменения $\dot{\psi}_2$, следует определять в зависимости от длины пряжи. Для длинного сырья (см. выше – случай а)) во время потери контакта $t_0 = \frac{\Phi_{Lmax}}{\omega}$ указанные начальные условия определяются согласно [3].

Для коротких прядей (см. случай б)) следует учесть, что, начиная с момента потери контакта $t_0 = \frac{\Phi_{Lmax}}{\omega}$ и в течение вре-

мени $\Delta t = \frac{\Phi_{2min} - \Phi_{1Lmax}}{\omega}$ прядь не будет контактировать с каким-либо билом. В этот период будет осуществляться ее смещение, влияющее на угол ψ_2 . Допустим, что изменение этого угла происходит равномерно. Тогда начальные условия будут определяться на основании алгоритма, изложенного в [2] с учетом поправки на возникающее дополнительное угловое смещение $\Delta \psi_2 = \dot{\psi}_2(t_0) \Delta t$.

Для оценки длительности процесса свала участка пряжи применили алгоритм С.В. Бойко [4], который позволил оценить

его среднее время $t_{xy} \approx 15$ мс.

Используя полученные модели, описывающие процесс перемещения участка пряжи при перелете с угловым смещением (угол свала) в плоскости бильной планки, были получены зависимости формирования этого угла с момента схода пряжи с била до ее соприкосновения с плоскостью подбильной решетки.

В качестве примера на рис. 3, где а) – изменение угла смещения пряжи при трепании разнодлинных прядей при угле конуса 15° ; б) – при угле конуса 25° ; в) – при отсутствии конуса, эти зависимости представлены в виде графиков для прядей разной длины для различных углов конусной части барабана. При этом угол конуса α принимали 15 и 25 град, а угол винтовой линии била $\gamma - 75$ град. Расчеты проведены при следующих режимно-конструктивных параметрах: частота вращения барабанов 300 мин^{-1} ; радиус барабанов в цилиндрической части 0,37 м; межосевое расстояние между барабанами 0,55 м; длина конусной части 0,75 м; скорость зажимного транспортера 1 м/с; коэффициент трения пряжи по кромке 0,15.

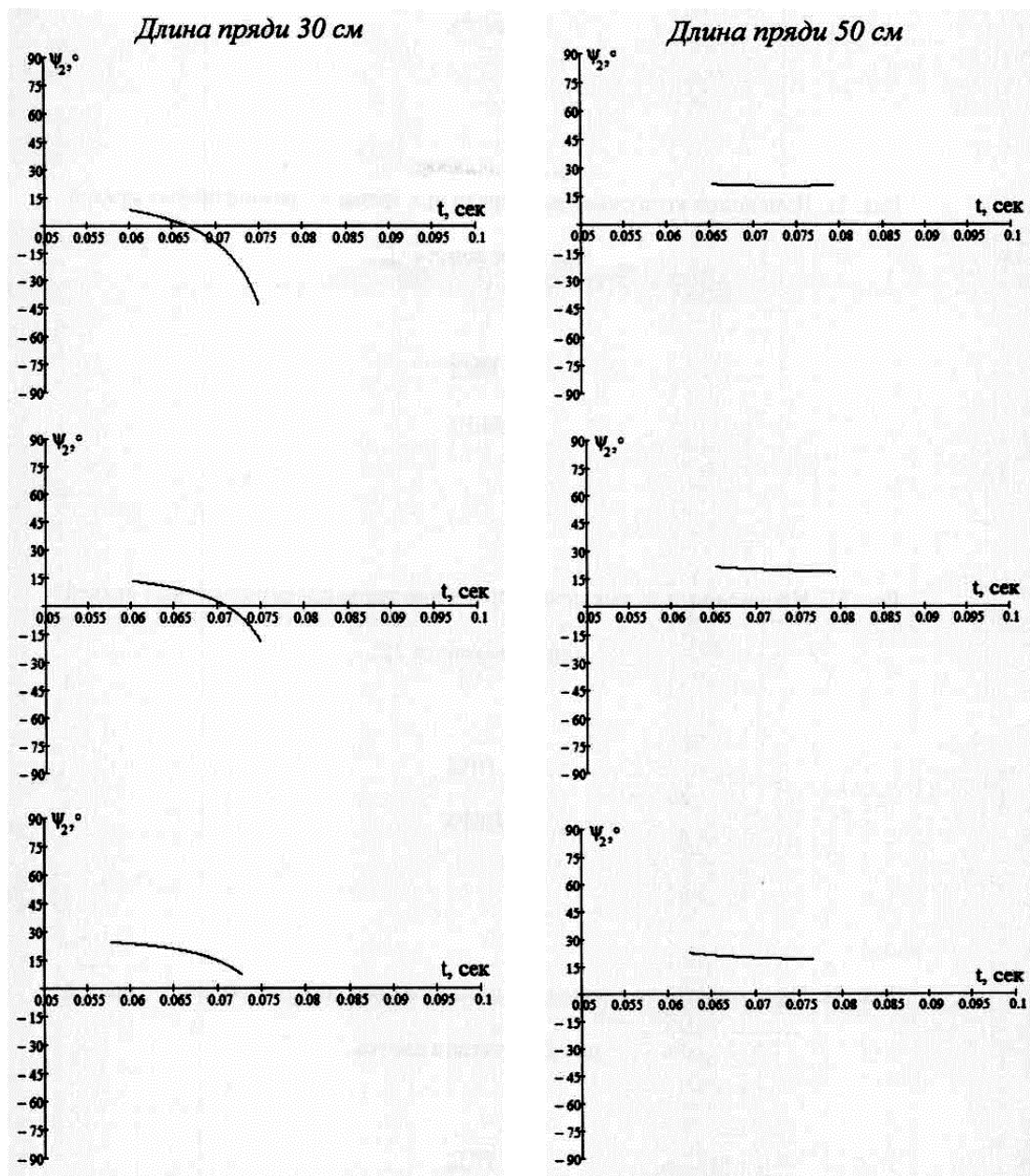


Рис. 3

Из анализа представленных зависимостей следует, что момент начала свала зависит от длины обрабатываемых участков пряжей. Характер изменения угла смещения зависит от длины пряжей и зоны длины барабана. Для коротких пряжей абсолютная величина смещения может достигать 30...40 град. Для длинных пряжей эта величина менее ≈ 10 град.

Максимальные значения углов свала наблюдаются в конической части длины барабана: на этих участках барабана свободный участок у коротких пряжей может изменять свой наклон из зоны положительных углов в зону отрицательных.

Абсолютная величина углового смещения при различных сочетаниях режимно-конструктивных параметров процесса трепания различна. При этом могут иметь место сочетания как способствующие, так и препятствующие сваливанию пряжи. Таким образом, при определенных сочетаниях вышеперечисленных параметров по длине барабанов с учетом длины пряжей угол их свала, вероятно, может достигать наименьших значений.

Также анализ показал, что может иметь место перекрещивание свободных участков пряжей различной длины, находящихся одновременно в слое. Это явление нежела-

тельно, так как приводит к увеличению сил давления волокна на кромки бил и, как следствие, к росту волокнистых отходов при трепании [4, рис. 4.4, с. 108].

ВЫВОДЫ

1. Выявлена возможность возникновения углового смещения свободного участка пряжи в плоскости подбильной решетки при его перелете с одного барабана на другой.

2. Величина углового смещения зависит от ускорения конца свободного участка пряжи при его перемещении вдоль била в момент схода, длины этого участка и скорости ее изменения.

3. Максимальные угловые смещения возникают в конусной части барабана. При одновременной обработке пряжей разной длины возможно их перекрещивание,

ухудшающее условия трепания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Развитие теории процесса трепания льна. – Кострома: КГТУ, 2004.
2. Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л., Енин М.С. Оценка степени сгуживания прядей в слое льняного сырца при трепании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.44...49.
3. Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л., Енин М.С. Оценка угла наклона льняных прядей к кромкам бил в поле трепания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №1. С.37...43.
4. Бойко С.В., Пашин Е.Л. Теоретические основы повышения эффективности процесса трепания недоработанного льняного волокна. – Кострома: КГТУ, ВНИИЛК, 2008.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 01.10.13.