

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СГРУЖИВАНИЯ ПРЯДЕЙ В СЛОЕ ЛЬНЯНОГО СЫРЦА ПРИ ТРЕПАНИИ

### ESTIMATION OF THE DEGREE OF STRANDS BUNCHING IN A RAW FLAX LAYER IN SCUTCHING PROCESS

*A.V. ОРЛОВ, С.В. БОЙКО, Е.Л. ПАШИН, М.С. ЕНИН*  
*A.V. ORLOV, S.V. BOYKO, E.L. PASHIN, M.S. ENIN*

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

*В статье представлена методика оценки угла сгуживания прядей сырца при их взаимодействии с билами трепальных барабанов. Предложено учитывать расположение бильных планок относительно оси барабана и условия нагружения прядей. Установлено влияние на угол сгуживания конструктивных параметров трепального барабана, а именно его формы и положения на барабане бильной планки.*

*The article presents the method of estimation of bunching angle of raw strands in their interaction with scutching drums beaters. It's suggested to consider the location of beaters relative to a drum axis and strands loading conditions. The influence of scutching drum design parameters, namely, its shape and position of the beaters, as well as tension forces affecting the strands part located in the scutching space on a bunching angle has been determined.*

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

**Keywords:** scutching, a strand, strand bunching, a beater helix, a drum cone angle, a raising angle of a beater helix.

Эффективность процесса трепания зависит от параметров исходного слоя льняного сырца: его толщины, длины прядей, их угловой дезориентации, от неровноты этих параметров и других условий [1]. Однако некоторые из этих параметров могут меняться в процессе взаимодействия слоя с билами трепальных барабанов, особенно на начальных этапах трепания, ухудшая технологические показатели обработки [2], [3]. Прежде всего это касается сгуживания прядей – их отклонения от перпендикулярного положения по отношению к поперечному сечению барабана. Такие отклонения вызывают утолщение слоя и, как следствие, увеличение натяжения прядей и

ухудшение условий их обескостривания. В [2] при изучении взаимодействия прядей с билами в конусной части трепальных барабанов выявлены возможные причины сгуживания. Однако авторами задача решалась без учета условий натяжения прядей и угла подъема винтовой линии бильной планки. Такие упрощения позволяют считать достигнутые результаты неточными.

В связи с этим нами была поставлена задача по разработке методики оценки угла сгуживания прядей в процессе их перемещения вдоль трепальной машины с учетом нагружения слоя и особенностей конструкции трепального барабана.

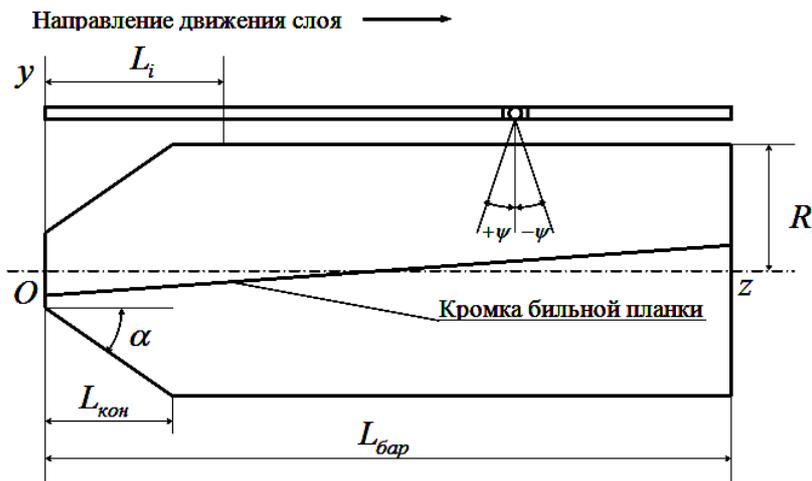


Рис. 1

Анализ при расчете угла сгуживания  $\psi$  (рис. 1 – геометрические параметры барабана) проводили с учетом ряда допущений. Считали, что на положение участка пряжи от точки зажима до точки удара биллом не влияют остальные участки пряжи. Кромка бильной планки моделируется идеальной математической спиралью на боковой поверхности цилиндра или конуса (в зависимости от рассматриваемой части барабана), образуя винтовой угол. Участок пряжи от точки зажима до точки удара считаем прямолинейным, воздействие сил сопротивления воздушных потоков не рассматриваем. Не учитываем также толщину пряжи и ширину бильной планки.

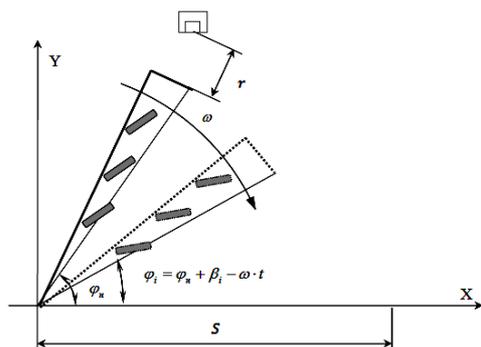


Рис. 2

Рассмотрим расчетную схему трепального барабана (рис. 1) (рис. 2 – схема  $i$ -го поперечного сечения барабана). Оси  $Ox$ ,  $Oy$  – соответственно горизонтальная и вертикальная оси в его крайнем левом (на-

чальном) поперечном сечении,  $Oz$  – ось вращения трепального барабана (рис. 1). Для каждой пряжи в поле трепания будем определять положение ее верхнего участка ( $y$  зажима) в зависимости от угла поворота била  $\varphi$ . Принимаем, что в момент нахождения точки зажима пряжи, на расстоянии  $L_i$  от начала координат, начальным является тот момент времени ( $t=0$ ), когда било занимает положение, соответствующее входу рабочей кромки в поле трепания (рис. 2).

Текущий момент времени (время поворота била в рассматриваемом  $i$ -м поперечном сечении барабана на угол  $\varphi(t)$ , прошедшее с момента удара) определяем, считая вращение барабана равномерным, по известной формуле:  $t = j(t)/\omega$ , где  $\omega$  – угловая скорость вращения барабана.

Относительное смещение угловой координаты рабочей кромки била в крайних торцевых сечениях барабана определяем по формуле:

$$\beta = \frac{l_{\text{бар}}}{R \operatorname{tg} \gamma},$$

где  $L_{\text{бар}}$  – длина барабана;  $R$  – радиус цилиндрической части барабана;  $\gamma$  – угол подъема винтовой линии кромки бильной планки (рис. 3 – положение бил в сечениях трепального барабана).

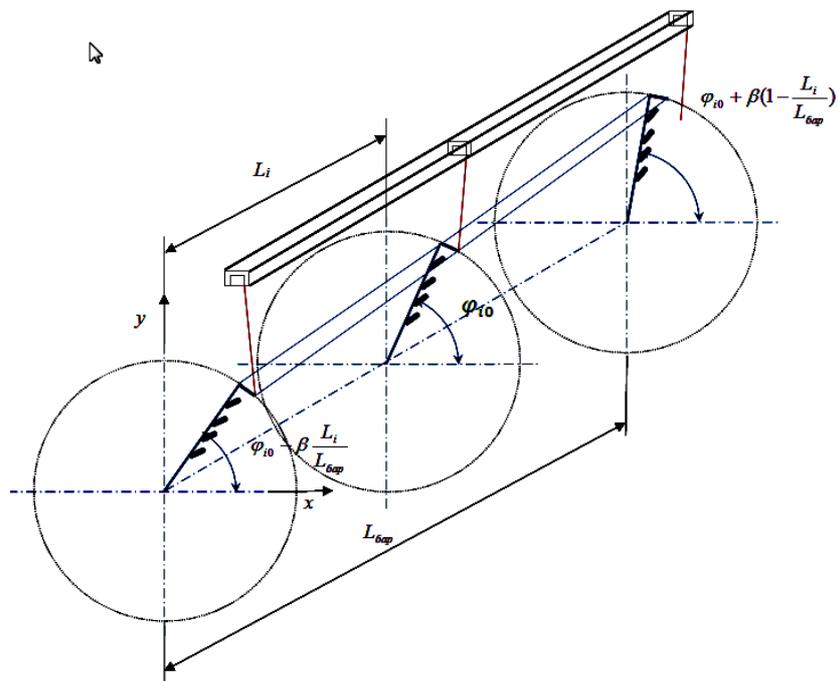


Рис. 3

В этих условиях координаты точки зажима рассматриваемой пряжи при ее перемещении вдоль барабана в момент времени  $t$  (рис. 3) будут следующими:

$$x_3 = \frac{S}{2},$$

$$y_3 = \sqrt{(R+r)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2},$$

$$z_3 = vt + l_i,$$

где  $S$  – межосевое расстояние трепальных барабанов;  $r$  – расстояние от точки зажима до точки удара;  $v$  – скорость перемещения зажимного транспортера;  $l_i$  – координата по оси  $Oz$  точки зажима рассматриваемой пряжи в начальный момент времени.

Исходя из предположения, что вследствие действия сил натяжения пряжа стремится занять положение, перпендикулярное кромке бильной планки (винтовой линии), определим положение участка пряжи (ее точки зажима и точки взаимодействия с кромкой била) в условиях одновременного перемещения точки зажима пряжи и поворота била.

С этой целью разобьем линию кромки била на  $n$  равных элементарных участков

длиной  $dz = \frac{l_{\text{бар}}}{n \sin \gamma}$ . За вектор  $i$ -го участка примем вектор, соединяющий  $i$ -ю точку с  $(i-1)$ -й точкой.

Для каждого  $i$ -го участка определим угол между вектором этого участка и вектором, проведенным от  $i$ -й точки к точке зажима. Для этого для каждого  $i$ -го поперечного сечения вычислим координаты кромки била в  $i$ -м сечении:

$$x_i = R_i \cos(\varphi_n + \beta_i - \varphi(t)),$$

$$y_i = R_i \sin(\varphi_n + \beta_i - \varphi(t)),$$

где

$$R_i = \begin{cases} R - (L_{\text{кон}} - \frac{L_{\text{бар}}}{n} i) \operatorname{tg} \alpha & \text{при } \frac{L_{\text{бар}}}{n} i < L_{\text{кон}}, \\ R & \text{при } \frac{L_{\text{бар}}}{n} i \geq L_{\text{кон}} \end{cases}$$

– радиус барабана в  $i$ -м сечении;

$\varphi_n = \arccos \frac{S}{2R}$  – угловая координата била,

при котором рабочая кромка била входит в зону поля трепания в нулевом (начальном

торцевом) сечении (рис. 3);  $\beta_i = \frac{\beta}{n} i$  – взаимное угловое смещение сечения относительно начального торцевого сечения.

Текущую угловую координату била будем определять по формуле:

$$\varphi_i = \varphi_n + \beta_i \cdot \omega t$$

Указанные выражения координат  $x_i$  и  $y_i$  позволяют для каждого момента времени  $t$  определить следующие характеристики:

$$\tau_i = \arccos \frac{\ell_{1i} \ell_{2i} + m_{1i} m_{2i} + w_{1i} w_{2i}}{\sqrt{\ell_{1i}^2 + m_{1i}^2 + w_{1i}^2} + \sqrt{\ell_{2i}^2 + m_{2i}^2 + w_{2i}^2}}$$

Далее из совокупности элементарных участков определяем тот, для которого искомый угол  $\tau$  равен  $90^\circ$ . Для этого участка определим угол между вектором, проведенным от точки взаимодействия участка пряжи с кромкой била к точке зажима, и плоскостью поперечного сечения барабана, содержащую точку зажима:

$$\varepsilon_i = \arctg \left( \frac{z_i - z_3}{y_3 - y_i} \right)$$

Это выражение будет определять угол отклонения участка пряжи у зажима от по-

$$T = \begin{cases} 0,5994z_3^3 + 0,0923z_3^2 - 0,1857z_3 + 0,4215 & z_3 < \ell_k, \\ -0,0008z_3^3 + 0,0229z_3^2 - 0,1244z_3 + 0,6331 & z_3 \geq \ell_k; \end{cases}$$

$$N = \begin{cases} 0,4691z_3^3 - 0,0652z_3^2 - 0,0824z_3 + 0,1757 & z_3 < \ell_k, \\ -0,0093z_3^3 + 0,0645z_3^2 - 0,1546z_3 + 0,3277 & z_3 \geq \ell_k. \end{cases}$$

Тогда корректирующая поправка, вызванная трением волокна по кромке, будет определяться по формуле:

$$\Delta\psi = \arcsin \frac{kN}{T},$$

где  $k$  – коэффициент трения пряжи по кромке била.

С учетом этого искомый угол сгруппирования  $\psi$  будет определяться с учетом знака (рис. 1) по формуле:

$$\psi = \varepsilon_i \pm \Delta\psi$$

– координаты вектора, касательного к кромке била:

$$\ell_{1i} = x_i - x_{i-1}; \quad m_{1i} = y_i - y_{i-1}; \quad w_{1i} = z_i - z_{i-1};$$

– координаты вектора, проведенного от  $i$ -й точки бильной планки к точке зажима:

$$\ell_{2i} = x_3 - x_i; \quad n_{2i} = y_3 - y_i; \quad w_{2i} = z_3 - z_i;$$

– угол между векторами касательной к кромке била и вектором, проведенным от  $i$ -й точки бильной планки к точке зажима:

перечного сечения барабана, проходящего через точку зажима, то есть угол сгруппирования пряжей в слое без учета сил трения пряжи о кромку била.

Однако не вызывает сомнений, что пряжь за счет сил трения будет отклоняться в сторону, противоположную перемещению точки зажима. Поэтому, учитывая факт зависимости силы трения от натяжения пряжи, введем к определению значения  $\varepsilon_i$  корректирующую поправку  $\Delta\psi$ .

Изменения усредненных сил натяжения  $T$  и сил давления на кромку  $N$  по длине барабана известны из исследований [4]:

Представленная совокупность моделей и последовательность их формирования является основой методики расчета угла сгруппирования пряжей, позволяющей в отличие от [2] обеспечить более эффективную оценку фактического положения пряжей в поле трепания.

В качестве примера использования новой методики на рис. 4 представлены результаты расчета угла сгруппирования  $\psi$  от угла поворота трепального барабана для одного из поперечных сечений конусной части барабана  $\phi$  при различных углах конуса  $\alpha$ .

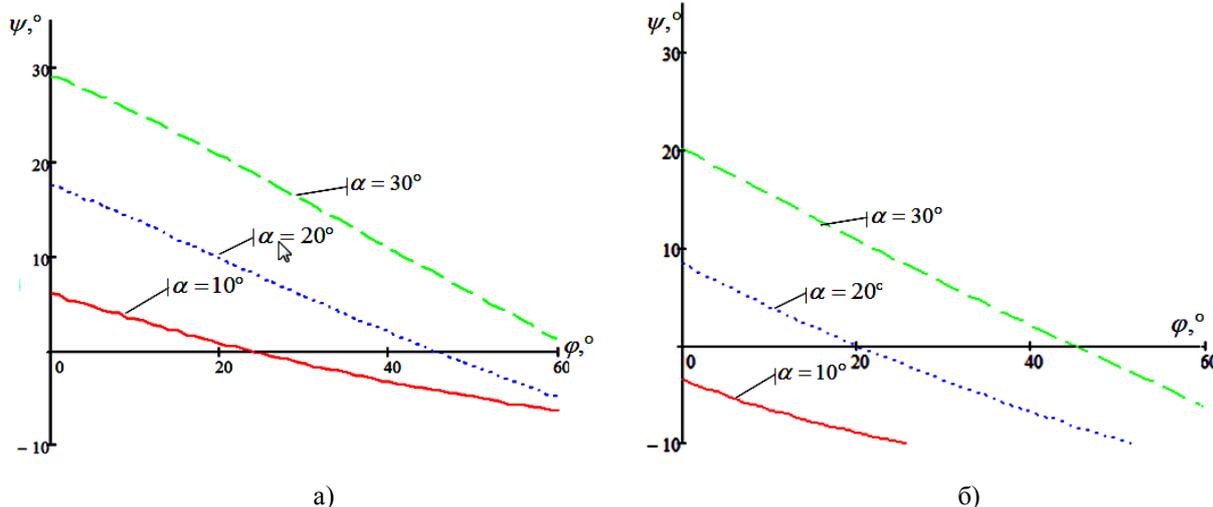


Рис. 4

На рис. 4-а изображены зависимости изменения  $\psi$  для случая отсутствия винтового расположения бил ( $\gamma = 90^\circ$ ), а на рис. 4-б – для случая угла подъема винтовой линии  $\gamma = 80^\circ$ , то есть применительно к используемым на практике барабанам (трепальных машин агрегатов МТА-2Л и МТА-3Л). Расчеты проведены при условиях: частота вращения барабана 300 об/мин; радиус барабана 0,37 м; межосевое расстояние между барабанами 0,52 м; длина конусной части 1,0 м; исследуемая точка сечения находится на расстоянии 0,5 м от переднего торца барабана, то есть на половине конусной части; скорость транспортера 1 м/с; коэффициент трения пряжи по кромке 0,15.

Из анализа представленных зависимостей следует, что в момент нахождения кромки била на минимальном расстоянии от зажимного транспортера в конусной части трепального барабана при углах конуса  $\approx 30^\circ$  возникает значительное сгуживание прядей. По мере поворота барабанов сгуживание снижается. Винтовое расположение (с аналогичными параметрами барабанов действующих трепальных машин) способствует снижению сгуживания. Степень этого снижения зависит от угла конуса. Таким образом, из результатов анализа следует, что величину угла сгуживания можно минимизировать за счет выявления сочетаний параметров конструкции трепального барабана, а именно: угла подъема винтовой линии

билльных планок, угла конуса и других, влияющих на степень нагружения прядей в процессе их обескостривания при трепании. Однако выявление таких условий и учет параметров, входящих в упомянутую выше систему допущений, является предметом дальнейших исследований.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана система моделей и последовательность их использования для расчета угла сгуживания прядей сырца при их взаимодействии с билами трепальных барабанов. Их особенностью, в отличие от ранее известных подходов, является учет геометрических параметров расположения билных планок по отношению к оси барабана, а также условий нагружения прядей.

2. При расчете угла сгуживания применительно к конусной части трепального барабана установлено, что в процессе взаимодействия била с прядью угол сгуживания меняется. На эти изменения влияет угол винтовой линии била  $\gamma$  и угол конуса  $\alpha$ . При  $\alpha \approx 30^\circ$  искомый угол сгуживания может составлять  $30^\circ$ , что увеличивает линейную плотность более чем на 13%. Это будет негативно отражаться на эффективности обескостривания при трепании в зоне зажима.

3. Высказано предположение, что для улучшения условий выделения костры,

связанных со сгуживанием прядей, в зоне конусной части длины барабана необходимы определенные сочетания угла подъема винтовой линии бильной планки барабана, угла конуса и других параметров конструкции, влияющих на степень нагружения прядей в процессе их обескостривания при трепании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л. Агропроизводство и технологическое качество льна. – Кострома: ВНИИЛК, 2004.

2. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Вихарев С.М. Особенности взаимодействия конусных частей барабанов с пряжами сырца в поле трепания // Вестник ВНИИЛК. – 2003, №1. С.24...28.

3. Енин М.С. Разработка и обоснование параметров процесса и машины для предварительной обработки льняного сырца: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2010.

4. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2002.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 26.04.12.

---