

УДК 677.021.151

**ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА УГЛОВОЙ ДЕЗОРИЕНТАЦИИ СТЕБЛЕЙ  
ПРИ СЛОЕУТОНЕНИИ**

*С.Е.МАЯНСКИЙ, Е.Л.ПАШИН, А.В.СМИРНОВ*

(Костромской государственный технологический университет)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Предлагается усовершенствованная модель вероятностной оценки угловой дезориентации стеблей льна в слое при слоеутонении на слоеформирующей машине, позволяющая учитывать силы взаимосвязи (сцепленности) между стеблями.*

*The advanced model of a likelihood estimation of an angular disorientation of flax stalks in layer-forming machine, allowing to note forces of interrelation (clutch) between stalks, is offered.*

**Ключевые слова:** слоеутонение, угловая дезориентация стеблей в слое, вероятность неразворота слоя, нормальный закон распределения случайной величины, сцепленность между стеблями, расстояние между зубчатыми дисками.

Известна [1], [2] вероятностная модель слоеутонения, в которой учитывается влияние на угол дезориентации стеблей в слое и общий угол его разворота конструктивно-технологических параметров механизма утонения слоя.

Недостатком данной модели является то, что условия неразворота стеблей от действия сил их взаимосвязи определяются безотносительно от вероятности неразворота от конструктивно-технологических параметров механизма слоеутонения.

Для устранения этого недостатка необходимо совершенствование известной модели с тем, чтобы доля стеблей, которая успешно обрабатывается парой зубчатых дисков на одном валу (то есть с минимальным увеличением угла дезориентации и общего угла разворота слоя), определялась с учетом сил взаимосвязи стеблей в слое. При этом основой предлагаемого направления совершенствования остается вероятностная оценка, вытекающая из рассмотрения рис. 1 (схема взаимодействия стеблей с зубчатыми дисками, где 1, 2 – слоеутоняющие диски, 3 – порция стеблей, 4 – смежные зубья на дисках, 5 – направляющие ползки), численно равная, согласно [1], [2]:

$$P = \begin{cases} 1, & \text{если } V_1 < B, \\ 1 - \Phi(3) - \Phi(3 - 6B/V_1), & \text{если } V_1 \geq B, \end{cases} \quad (1)$$

где  $V_1$  – проекция стебля на направление перемещения слоя из допущения, что положения всех точек пересечения наклонных стеблей с направляющими ползками соответствуют нормальному закону распределения по угловой дезориентации стеблей (рис. 1):

$$V_1 = \frac{2A \operatorname{tg} 2\sigma_\alpha}{\cos 2\alpha + \cos 2\sigma_\alpha}, \quad (2)$$

где  $\Phi(\dots)$  – функция Лапласа;  $B$  – половина расстояния между смежными зубьями дисков;  $A$  – половина расстояния  $d$  между дисками на валу;  $A = \frac{d}{2}$ ;  $\sigma_\alpha$  – среднеквадратическое отклонение;  $\alpha$  – угол разворота слоя при утонении.

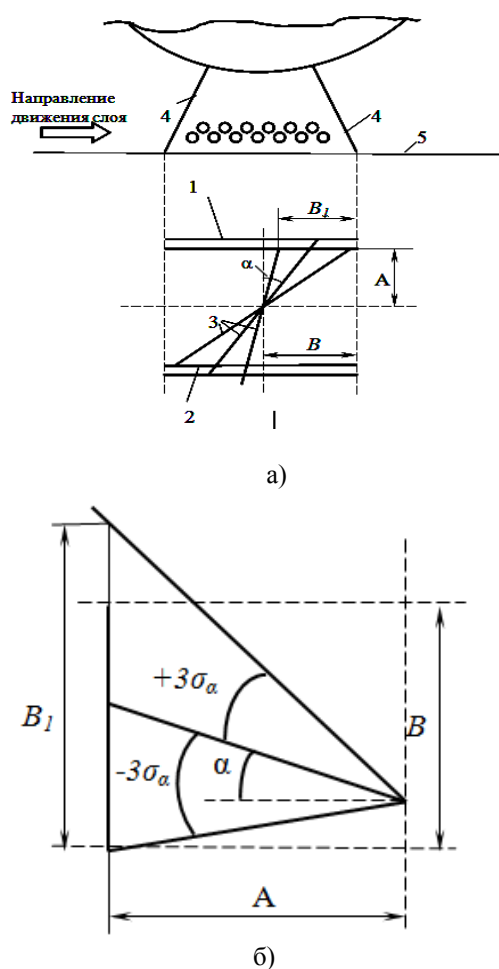


Рис. 1

Предполагаем, что значение угла разворота слоя  $\alpha$  изначально задается как исходная величина  $\alpha_0$ , а далее определяется по детерминированной модели, например, представленной в [3].

В модели [3] рассматривается разворот стеблей в слое в зависимости от связей между ними. Применяя ее, определено рациональное расположение  $x$  оси  $OO_1$ , относительно которой должны устанавливаться на валах зубчатые диски, а также получена формула для определения угла разворота стебля. Однако в этой модели не учитывается влияние на этот процесс расстояния между дисками.

Используя допущения, принятые в модели [3], исследуем влияние расстояния между дисками на угол разворота стебля (рис. 2 – схема для определения угла разворота слоя при наличии сцепленности между стеблями).

Примем, что при взаимодействии стебля с дисками (сила  $F$ ) стебель начнет разворачиваться относительно правого диска, который расположен на расстоянии  $(\ell_1+d)$  от левого конца стебля, где  $d$  – расстояние между дисками на валу.

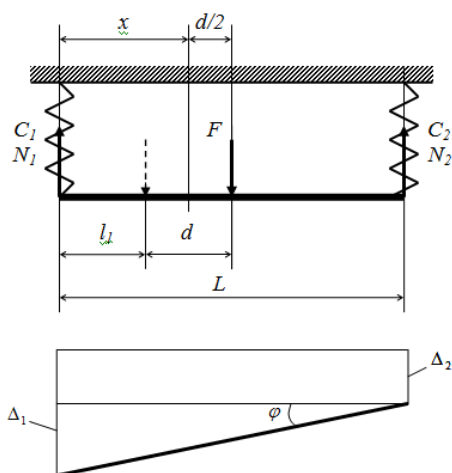


Рис. 2

Из рассмотрения равновесия стебля найдем усилия в связях между стеблями (имитируемые на рис. 2 пружинами):

$$N_1 = \frac{F(L - \ell_1 - d)}{L}, \quad (3)$$

$$N_2 = \frac{F(\ell_1 + d)}{L}. \quad (4)$$

Деформация пружин в этом случае будет равна:

$$\Delta_1 = \frac{N_1}{C_1} = \frac{F(L - \ell_1 - d)}{LC_1}, \quad (5)$$

$$\Delta_2 = \frac{N_2}{C_2} = \frac{F(\ell_1 + d)}{LC_2}, \quad (6)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты сцепленности между стеблями в их комлевой и вершинной зонах.

С учетом (5) и (6) угол разворота стебля можно определить по формуле:

$$\phi = \arctg \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{L} = \arctg \frac{F[LC_2 - (C_1 + C_2)(\ell_1 + d)]}{L^2 C_1 C_2}. \quad (7)$$

Проверим условие, что при  $C_1 = C_2 = C$ ,  $\ell_1 = 0,5L$  и  $d = 0$  угол разворота должен быть равен нулю:  $\phi = \arctg \frac{F(LC - 2C \cdot 0,5L)}{C} = 0$ .

Обозначим  $K = \frac{C_2}{C_1}$  – отношение "коэффициентов сцепленности" в комлевой и вершинной частях стеблей. Тогда уравнение (7) можно записать:

$$\phi = \arctg \frac{F[LK - (1 + K)(\ell_1 + d)]}{L^2 C_2}. \quad (8)$$

Очевидно, что размеры  $\ell_1$ ,  $d$  и  $L$  зависят друг от друга. Поскольку в существующих слоеутоняющих машинах принято  $x = 0,5L$ , а диски расположены симметрично относительно оси  $x$ , сравнивая данную модель с моделью [3], получим:

$$\ell_1 = 0,5L - \frac{d}{2}. \quad (9)$$

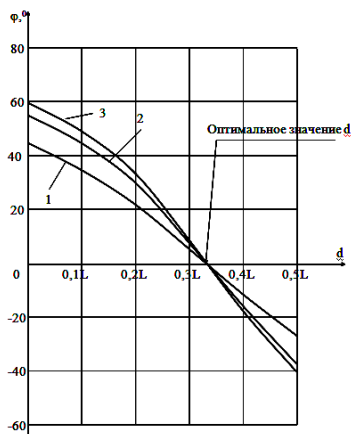


Рис. 3

На рис. 3 приведены графики изменения угла разворота стебля при постоянном значении  $K = 2$  и различных значениях  $C_1$  и  $F$ : 1 –  $L=1\text{ м}$ ,  $C_1=2,5\text{ Н/м}$ ,  $K=2$ ,  $F=15\text{ Н}$ ; 2 –  $L=1\text{ м}$ ,  $C_1=2,5\text{ Н/м}$ ,  $K=2$ ,  $F=10\text{ Н}$ ; 3 –  $L=1\text{ м}$ ,  $C_1=1,5\text{ Н/м}$ ,  $K=2$ ,  $F=10\text{ Н}$ .

На рис. 4 приведены графики изменения угла разворота стебля  $\alpha$  и вероятность неразворота слоя  $P$  в зависимости от расстояния  $d$  между дисками при следующих исходных данных:  $V=0,025\text{ м}$ ;  $\sigma_\alpha=8^\circ$ ;  $F=10\text{ Н}$ ;  $L=1\text{ м}$ ; кривые 1 и 1\* – вероятность неразворота  $P$  и угол разворота  $\alpha$  при  $C_1=2,5\text{ Н/м}$ ,  $K=1$ ; кривые 2 и 2\* – вероятность  $P$  и угол  $\alpha$  при  $C_1=2,5\text{ Н/м}$ ,  $K=1,5$ ; кривые 3 и 3\* – вероятность  $P$  и угол  $\alpha$  при  $C_1=2,5\text{ Н/м}$ ,  $K=2$ . При этом угол  $\alpha$  определялся с учетом начального угла разворота слоя  $\alpha_0=5^\circ$ , то есть  $\alpha = \alpha_0 + \phi$ .

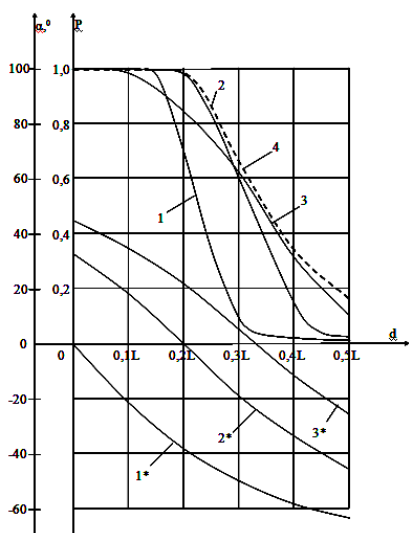


Рис. 4

Для сравнения, на рис. 4 приведена кривая 4 (пунктирная линия) изменения вероятности неразворота слоя без учета сцепленности между стеблями при  $\sigma_\alpha=8^\circ$  и  $\alpha=5^\circ$ . Анализ приведенных на рис. 3 и 4 зависимостей позволяет заключить, что:

- наличие сцепленности между стеблями в целом снижает вероятность неразворота слоя;

- оптимальное значение расстояния  $d$  между дисками на валу, при котором угол разворота слоя равен нулю, определяется степенью сцепленности между стеблями в их комлевой и вершинной частях, характеризующейся коэффициентом  $K$ ; этим значениям  $d$  при расчетных значениях  $K=1$ ,  $K=1,5$ ,  $K=2$  соответствуют следующие значения вероятностей неразворота слоя:  $P_{(1)}=1$ ;  $P_{(1,5)}=0,985$ ;  $P_{(2)}=0,525$ . Иными словами, вероятность неразворота слоя при увеличении отношения коэффициентов сцепленности между стеблями в их комлевой и вершинной частях снижается;

- значения углов разворота при конкретных значениях  $d$  зависят не только от коэффициентов сцепленности между стеблями, но и от значений силы  $F$ .

Для выявления влияния угла разворота слоя на вероятность неразворота слоя введем коэффициент уменьшения угла разворота слоя  $k_\gamma$ . Тогда уменьшенный угол разворота слоя в сравнении с рассчитанным по формуле (7) будет равен  $\phi_\gamma = k_\gamma \phi$ .

Введение этого коэффициента определяется особенностями поведения стеблей в зоне их перехода из одной пары утоняющих дисков в другую. В этой зоне наблюдается уплотнение стеблей, что ограничивает их разворот из-за разницы величин связей в концевых участках слоя.

На рис. 5 построены кривые вероятности неразворота слоя при  $K=1$  и  $k_\gamma=0,1$  (кривая 1),  $k_\gamma=0,5$  (кривая 2) и  $k_\gamma=1$  (кривая 3). Также изображены кривые изменения углов разворота слоя, соответствующие трем указанным кривым вероятностей. Анализ кривых показывает, что с уменьшением угла  $\phi$  вероятность неразворота слоя существенно увеличивается. Кроме этого, расчеты показывают, что при

малых значениях угла  $\varphi$  (при  $k_y=0,1$ ) кривые вероятностей неразворота не изменяются при изменении коэффициента сцепленности и для значений  $K=1\dots 2$  совпадают с кривой 1.

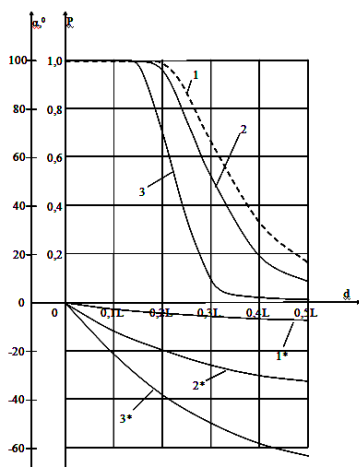


Рис. 5

## ВЫВОДЫ

1. Анализ разработанной усовершенствованной вероятностной модели слоеутонаения показывает, что вероятность процесса слоеутонаения с минимальным увеличением угла дезориентации стеблей и общим углом разворота слоя зависит от сцепленности стеблей в слое.

2. Каждому значению отношения коэффициентов сцепленности между стеблями соответствует оптимальное значение расстояния между зубчатыми дисками, при

котором угол разворота слоя равен нулю, а вероятность неразворота максимальная.

3. Величина вероятности неразворота стеблей при слоеутонаении существенно зависит от расстояния между дисками  $d$  и положения оси  $x=OO_1$ .

4. Для повышения доли стеблей в слое, которая может успешно обрабатываться парой зубчатых дисков на одном валу (то есть с максимальным значением вероятности неразворота слоя) необходимо обеспечивать минимальные значения угла дезориентации стеблей в слое и общего угла разворота слоя перед подачей в зону утонаения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л., Лапшин А.Б., Маянский С.Е. Механическая подготовка льна для получения трепаного волокна (проблемы и направления совершенствования): Монография. – Кострома: ВНИИЛК, 2006.

2. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Маянский С.Е. Вероятностная модель слоеутонаения // Вестник ВНИИЛК. – 2005, № 2. С. 35...39.

3. Неманов В.А., Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Маянский С.Е. Рациональное использование зубчатых дисков в слоеформирующей машине // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002, №2. С.11...13.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 04.06.10.