

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ДИСКОВ В МАШИНЕ ДЛЯ УТОНЕНИЯ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

С.Е. МАЯНСКИЙ, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Рассмотрено взаимодействие стеблей льна с зубьями утоняющих дисков при слоеутонении с учетом сцепленности между стеблями. Разработана модель этого взаимодействия и получены аналитические зависимости для определения рационального расположения зубчатых дисков на валах слоеутоняющего механизма.

Flax stalks interaction of with gears of thinning disks at layer thinning, taking into account adhesiveness between stalks, is considered in the article. The model of this interaction is developed and analytical dependences for determination of rationalised arrangement of the gear disks on the shafts of a layer thinning mechanism are received.

Ключевые слова: процесс слоеутонения, взаимодействие зубчатых дисков, параллельное перемещение, силы сцепления, длина стеблей.

Одной из причин разворота стеблей в слое при слоеутонении является различие механических связей (сцепленности) между стеблями в их комлевой и вершинной частях. При измерении усилий отрыва стеблей от слоя по его ширине установлено, что это различие существенно [1].

Для обеспечения перемещения стеблей параллельно друг другу в слоеутоняющем механизме необходимо соответствующим образом размещать зубчатые диски на валах, выбирая положение оси OO_1 (размер x). Кроме этого, сами диски на валах должны быть установлены на определенном расстоянии d (рис. 1 – схема утоняющего механизма).

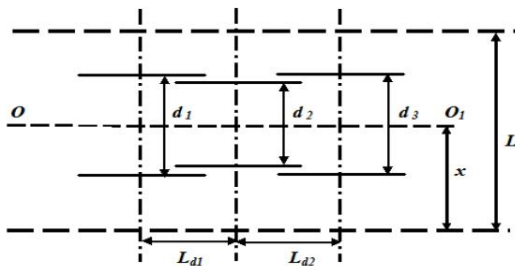


Рис. 1

Данная задача частично решена в [1]. Однако, при известном решении, вопрос о выборе расстояния между зубчатыми дисками требует дополнительного обоснования.

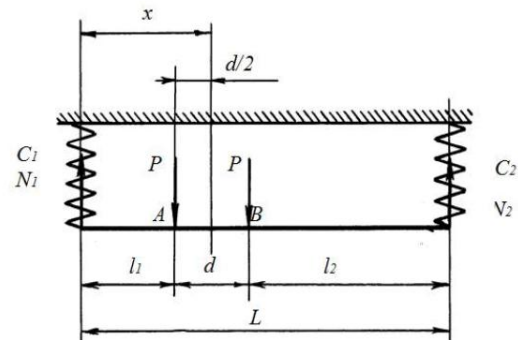


Рис. 2

Для решения задачи по расположению зубчатых дисков на валах слоеутоняющего механизма рассмотрим схему для расчета взаимодействия стебля с зубчатыми дисками с учетом сцепленности между стеблями, представленную на рис. 2, приняв следующие допущения: стебель считаем невесомым абсолютно твердым стержнем;

силы взаимосвязи между стеблями по их длине подчиняются линейной зависимости [1]; связи между стеблями изображаем в виде пружин с коэффициентами жесткости C_1 и C_2 соответственно в комлевой и вершинной частях.

На стебли действуют силы P в результате соприкосновения с зубьями дисков, размещенных на валу, который расположен перпендикулярно направлению движения слоя стеблей. Обозначим: d – расстояние между дисками; ℓ_1 – длина консольного участка стебля от комлевой части до диска; x – расстояние от края комлевой части стебля до половины расстояния между дисками; L – длина стебля.

При воздействии зубчатых дисков на стебель силами P в пружинах возникают реакции N_1 и N_2 , которые равны:

$$N_1 = \frac{2P(L-x)}{L}, \quad N_2 = \frac{2Px}{L}. \quad (1)$$

Так как $N_1 = C_1\Delta_1$, $N_2 = C_2\Delta_2$, где Δ_1, Δ_2 – удлинения пружин, то, используя (1), получим:

$$\Delta_1 = \frac{2P(L-x)}{C_1L}; \quad \Delta_2 = \frac{2Px}{C_2L}. \quad (2)$$

Параллельное перемещение стебля будет обеспечиваться в том случае, когда удлинения пружин будут равны между собой:

$$\frac{2P(L-x)}{C_1L} = \frac{2Px}{C_2L}.$$

Отсюда:

$$\frac{x}{L} = \frac{C_2}{C_1 + C_2}. \quad (3)$$

Это соответствует результату, указанному в [1].

Введем коэффициент отношения жесткостей $K = \frac{C_2}{C_1}$ и из (3) найдем положение оси OO_1 :

$$x = L \frac{K}{K+1}. \quad (4)$$

Зависимость расстояния между дисками от коэффициента k представлена графически на рис. 3. Из нее следует, что чем больше величина отношения жесткостей, тем ближе к концам стеблей должна располагаться ось $x=OO_1$, относительно которой должны быть симметрично расположены слоёутоняющие зубчатые диски.

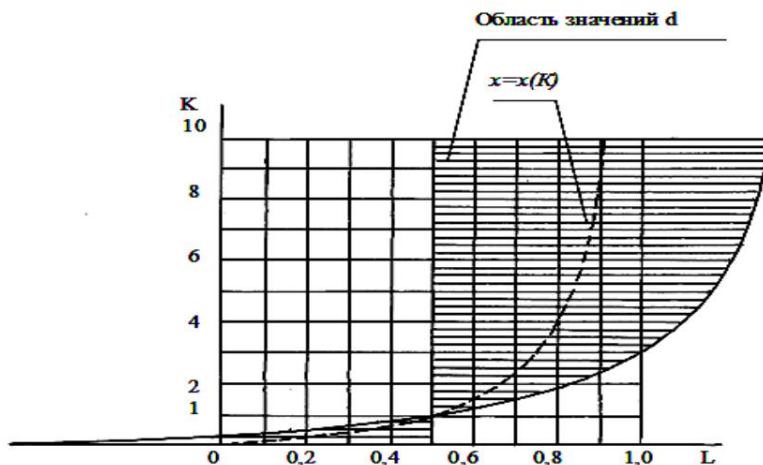


Рис. 3

Для определения расстояния d между дисками преобразуем выражения (2), учитывая, что (рис. 2) $x = \ell_1 + \frac{d}{2}$:

$$\Delta_1 = \frac{P(2L - 2\ell_1 - d)}{C_1L}, \quad \Delta_2 = \frac{P(2\ell_1 + d)}{C_2L}.$$

Приравнявая Δ_1 и Δ_2 , после преобразований получим формулу для определения расстояния между дисками:

$$d = \frac{2K(L - \ell_1) - 2\ell_1}{K + 1}. \quad (5)$$

Зависимости (4) и (5) можно получить так же, если за критерий параллельного перемещения стебля принять равенство реакций зубьев дисков на стебель, которые находятся по формулам:

$$R_A = \frac{N_2(L - \ell_1 - d) - N_1(\ell_1 + d)}{d}, \quad (6)$$

$$R_B = \frac{N_1\ell_1 - N_2(L - \ell_1)}{d}.$$

В уравнении (5) присутствует неопределенность в отношении выбора размеров d и ℓ_1 , поскольку они зависят друг от друга также и геометрически. Поэтому найдем оптимальное конструктивное значение размера ℓ_1 из условия, что при $K=1$ расстояние d должно быть равно нулю. Подставляя эти значения в (5), получим: $0 = \frac{2 \cdot 1(L - \ell_1) - 2\ell_1}{1 + 1}$. Отсюда $\ell_1 = 0,5L$. Тогда оптимальное значение d , при котором будет обеспечиваться параллельное перемещение стеблей, можно определить по формуле:

$$d = L \frac{K - 1}{K + 1}. \quad (7)$$

На рис. 3, с учетом того, что слоеутоняющие диски должны быть симметрично

$$R_A = \frac{1,5P(L - 0,5L - 0,5L) - 0,5P(0,5L + 0,5L)}{0,5L} = -P, \quad R_B = \frac{0,5P \cdot 0,5L - 1,5P(L - 0,5L)}{0,5L} = -P.$$

Таким образом, условие равенства сил взаимодействия между стеблем и зубьями каждого диска выполняется.

расположены, на расстоянии d друг от друга, относительно осевой линии x , определяемой формулой (4), построена область значений d при различных значениях отношения жесткостей K .

При принятии коэффициента $K = \frac{C_1}{C_2}$ формулы (4) и (5) можно записать так:

$$x = L \frac{1}{K + 1}, \quad d = \frac{2(L - \ell_1) - 2\ell_1 K}{K + 1},$$

а их графики расположатся симметрично относительно ординаты $\ell_1 = \frac{L}{2}$ в сравнении с изображенными на рис. 3.

Заметим, что формула (4) получена из условия $d=0$, а формула (5) – из условия, что силы воздействия зубьев дисков на стебель равны между собой.

Для проверки проведенного анализа выполним численный расчет по полученным выше зависимостям. Например, при $K=3$:

$$x = L \frac{3}{3 + 1} = 0,75L, \quad \ell_1 = 0,5L,$$

$$d = L \frac{3 - 1}{3 + 1} = 0,5L,$$

$$N_1 = \frac{P(2L - 2 \cdot 0,5L - 0,5L)}{L} = 0,5P,$$

$$N_2 = \frac{P(2 \cdot 0,5L + 0,5L)}{L} = 1,5P.$$

Из расчетной схемы следует, что $N_1 + N_2 = P + P$. Из формул (6) также следует, что:

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением K расстояние d между дисками увеличивается. Это свидетельствует о том, что для обеспечения па-

параллельного перемещения стеблей в слоеутоняющем механизме необходимо либо увеличивать расстояние между дисками, либо снижать величину разброса сцепленности между стеблями по их длине.

ВЫВОДЫ

1. Различия в силах сцепленности комлевых и вершинных участков стеблей льна в процессе слоеутонаения приводят к их развороту в слое.

2. Разработана модель взаимодействия зубчатых дисков слоеформирующего механизма со слоем льняных стеблей при слоеутонаении с учетом различий в значениях сцепленности между стеблями по их длине (по ширине слоя).

3. Для обеспечения параллельного перемещения стеблей необходимо снижать различие в сцепленности между ними, либо увеличивать расстояние между дисками, которое определяется длиной стеблей и соотношением сил сцепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неманов В.А., Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Мажанский С.Е. Рациональное использование зубчатых дисков в слоеутоняющей машине // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002, № 2. С.11...12.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 24.06.09.
