

УДК 677.03

**О НЕРАВНОМЕРНОСТИ СЛОЯ ПО ПЛОТНОСТИ
НА ВЫХОДЕ УТОНЯЮЩЕГО МЕХАНИЗМА
СЛОЕФОРМИРУЮЩИХ МАШИН**

В.А. ДЬЯЧКОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Существующие теоретические представления взаимодействия зубчатых дисков слоеформирующих машин со стеблевым материалом и разработанные на их основе методики расчета геометрических параметров зубчатых дисков слоеформирующих машин, например [1], требуют совершенствования. В частности, актуальным является решение задачи по количественной оценке влияния параметров утоняющего механизма на неравномерность слоя по плотности, что позволит проектировать слоеформирующие машины, обеспечивающие на выходе большую равномерность слоя по плотности.

Здесь, как и ранее [1], под впадиной будем понимать область, ограниченную радиусами, проведенными к вершинам двух соседних зубьев и окружностями с радиусами R вершин и $R_{вп}$ впадин диска.

Предположим, что шаг t и высота зуба $R - R_{вп}$ в сравнении с радиусом диска R невелики. Это дает возможность представить впадину зубчатого диска как прямоугольник $ABGH$ (рис.1), в котором часть площади $G'GHH'$ занимает зуб. Конфигурация зуба на приведенные ниже результаты не повлияет. Отношение площади зуба к площади впадины назовем коэффициентом толщины зуба и обозначим через α .

При взаимодействии с последующим зубчатым диском содержимое впадины $ABGH'$ будет делиться, предположим, на равные, кроме последней, части. Например, при кратности деления $K=3 - ABCD, DCEF, FEG'H'$; при кратности, равной пяти, участки обозначены цифрами в верхнем левом углу прямоугольников. Как видно из рис. 1, не все порции стеблей (например, площади прямоугольников), оказываются равными.

Оценим неравномерность слоя, получаемую в j -й зоне утонения при переходе содержимого впадины подающего (i -го) диска на поверхность принимающего ($i+1$ -го), как отношение расчетной плотности порции к минимальной, обусловленной наличием зуба, то есть выражением

$$H_j = \frac{F_{ABCD}}{F_{FEG'H'}}$$

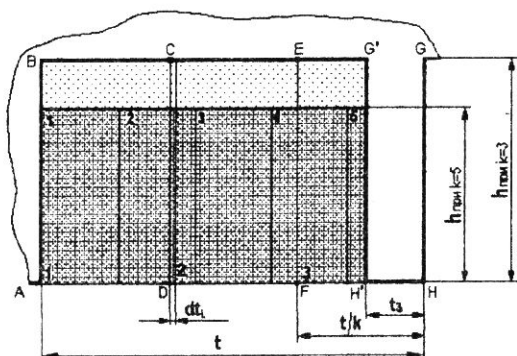


Рис. 1

Поскольку по определению коэффициента толщины зуба толщина зуба $t_3 = ta$, после преобразований выражения для H_j получим

$$H_j = \frac{1}{1 - K_j a}$$

Отметим, что при $a < 1/K_j H_j < 0$. Это означает, что одна или несколько из впадин принимающего диска окажутся пустыми.

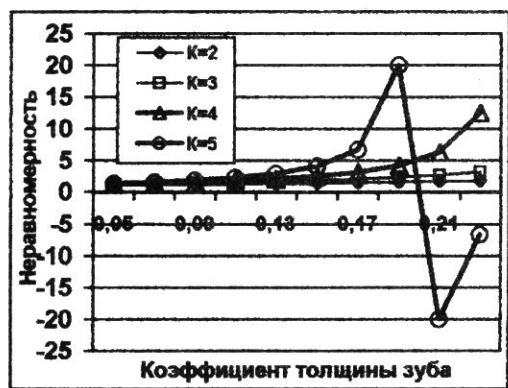


Рис. 2

Полученное выражение иллюстрирует рис.2, он также позволяет и оценить влияние толщины зуба на неравномерность слоя.

После J-й зоны утонения на последующий диск переходят порции с различной линейной плотностью. В идеальном случае $q_{i+1} = q_i / k_{yTj}$ и $q'_{i+1} = q_i / (k_{yTj} H_j)$, где k_{yTj} – коэффициент утонения слоя в J-й зоне; q_i – расчетная, ожидаемая плотность порции стеблей; q'_i – плотность порции, обусловленная толщиной зуба; q_i может принимать значения $q_i = q_{i-1} / k_{yTj-1}$ и $q'_i = q_{i-1} / (k_{yTj-1} H_{j-1})$.

Количество сочетаний порций стеблей с различной плотностью после каждой J-й зоны утонения будет увеличиваться в два раза. Тогда общее количество участков с различной линейной плотностью на выхо-

де из машины $C_k = 2^N$, где N – количество зон утонения в машине.

Минимальную линейную плотность порции на выходе из машины (в m-м диске) определим из выражения

$$q_{m\min} = \frac{q_1}{k_{\text{общ}}} \left(\frac{1}{H_1} \frac{1}{H_2} \frac{1}{H_3} \dots \frac{1}{H_N} \right),$$

где $k_{\text{общ}}$ – общий коэффициент утонения слоя; q_1 – линейная плотность слоя в первом зубчатом диске.

Вероятность появления такой порции составит

$$p(q_{m\min}) = \frac{1}{K_1} \frac{1}{K_2} \frac{1}{K_3} \dots \frac{1}{K_N}$$

При равенстве значений K и a в каждой зоне утонения

$$q_{m\min} = \frac{q_1 (1 - Ka)^N}{k_{\text{общ}}}$$

Или, поскольку при равенстве шага зубьев последующего диска t_{i+1} высоте зуба предыдущего $h_i (t_{i+1} = h_i)$ и при оптимальном соотношении этих величин, описываемом в [1] выражением $t_i = h_i \sqrt{K_j}$,

$$k_{\text{общ}} = (\sqrt{K})^N,$$

то

$$q_{m\min} = q_1 \left[\frac{(1 - Ka)}{\sqrt{K}} \right]^N, \quad p(q_{m\min}) = \frac{1}{K^N}. \quad (1)$$

Вероятность появления порции стеблей с расчетной линейной плотностью $q_{m\text{расч}} = q_1 / k_{\text{общ}}$ определим из выражения

$$p(q_{m\text{расч}}) = \left(\frac{K_1 - 1}{K_1} \right) \left(\frac{K_2 - 1}{K_2} \right) \left(\frac{K_3 - 1}{K_3} \right) \dots \left(\frac{K_N - 1}{K_N} \right).$$

При равенстве значений K и a в каждой зоне утонения

$$p(q_{\text{расч}}) = \left(\frac{K-1}{K}\right)^N \quad (2)$$

На рис. 3 отображены результаты расчетов по выражениям (1) и (2) при коэффициенте толщины зуба $a = 0,05$.



Рис. 3

Таблица 1

Диск	$k_{\text{ут}}$	K	Z	R	$R_{\text{вп}}$	Угол наклона	Основание зуба	Вершина зуба	a	H
МФС-1Л – Вероятность появления на выходе порции с расчетной плотностью = 0,094 (1/10); $C_k = 32$										
1			20	250	170	0	18	4	0,17	
2	1,6	2,0	20	200	150	14	12	4	0,15	1,41
3	1,8	2,0	20	180	137,5	14	10	4	0,14	1,39
4	2	4,0	40	180	150	9	8	2	0,19	4,39
5	2	2,0	40	180	155	-5	6	2	0,15	1,44
6	1	1,0	40	180	157,5	-20	4	2	0,11	1,13
	11,5									13,95
ПЛ – Вероятность появления на выходе порции с расчетной плотностью = 0,034 (1/29); $C_k = 32$										
1			20	257	128	0	15	5	0,17	
2	1,84	2,0	20	237	144	21	15	5	0,17	1,50
3	1,53	2,0	24	218	136	24	15	5	0,22	1,76
4	1,48	2,0	30	201	175	23	12	5	0,22	1,76
5	1,53	2,0	36	185	165	21	10	5	0,25	1,97
6	1,75	2,1	40	170	154	24	8	5	0,26	2,17
	11,2									19,87
Предлагаемый вариант – Вероятность появления на выходе порции с расчетной плотностью = $(6/7)^2 = 0,73$ (100/73); $C_k = 4$										
1			18	250	217	0	1	1	0,01	
2	2,65	7	53	232	217	0	1	1	0,04	1,36
3	2,65	7	136	226	217	-18	0,5	0,5	0,05	1,52
	7									2,06

Примечание. Линейные размеры – в мм; угловые – в градусах.

В табл. 1 представлены характеристики зубчатых дисков слоеформирующих машин и некоторые расчетные величины, показывающие влияние толщины зуба на неравномерность слоя на выходе из машины.

Выше рассмотрен частный случай, когда траектория движения вершины зуба принимающего диска совпадает с одной из боковых поверхностей зуба подающего диска. В случае смещения линии отбора порций SE, EF (рис. 1) относительно зуба вправо или влево, а также в случае использования зуба трапециидальной (треугольной) формы неравномерность слоя будет выше.

Так, при неравенстве отбираемых порций, примыкающих к зубьям подающего диска, число сочетаний порций с различной плотностью и вероятность появления на выходе из машины порции с расчетной линейной плотностью будет определяться выражениями

$$C_k = 3^N, \quad p(q_{\text{расч}}) = \left(\frac{K-2}{K}\right)^N \quad (3)$$

Особо следует отметить случай деления содержимого впадины подающего диска на две части при расположении траектории движения вершины принимающего диска

по середине впадины подающего. В этом случае на выходе из зоны утонения слой будет иметь равные по плотности порции. Это идеальный вариант. Однако технически реализовать такую схему достаточно сложно, поскольку для обеспечения постоянства расположения линии отбора по середине впадины подающего диска требуется строгое соблюдение равенства

$$U_j = \sqrt{K_j} \frac{R_i}{R_{i+1}} \quad [1],$$

устанавливающего отношение частот вращения U_j подающего и принимающего дисков с радиусами R_i и R_{i+1} . Иначе положение, например, линии АВ на рис. 1, бу-

$$dt_i = R_{i+1} \omega_{i+1}^\phi dT - R_{i+1} \omega_{i+1}^p dT = R_{i+1} dT \Delta \omega_{i+1},$$

где $\Delta \omega_{i+1}$ – отличие фактической угловой скорости ω_{i+1}^ϕ от расчетной ω_{i+1}^p .

Поскольку передаточное отношение

$$U_j = \frac{\omega_{i+1}}{\omega_j},$$

то

$$\Delta \omega_{i+1} = \omega_j \Delta U_j,$$

где ΔU_j – отличие фактического передаточного отношения от расчетного.

Тогда

$$dt_i = R_{i+1} dT \omega_j \Delta U_j.$$

После интегрирования

$$\frac{2\pi R_i}{K_j Z_i} \int_0^T dt_i = \int_0^T R_{i+1} \omega_j \Delta U_j dT$$

получим выражение для периода, за который зуб принимающего диска сместится от расчетного положения на K -ю часть шага t_i зубьев подающего диска (из положения,

дет изменяться во времени по закону циклического характера, что будет иметь негативные последствия в виде циклической неравномерности слоя по плотности на выходе из слоеутопяющего механизма (зависимости (2) и (3)).

Смещение линии деления впадины подающего диска зубьями принимающего происходит по той причине, что длины дуг при фактической и расчетной частоте вращения оказываются не равными.

Предположим, что за время dT произошло смещение линии деления впадины подающего диска на величину dt_i которую можно выразить через параметры принимающего диска

например, АВ в положение DC, рис.1):

$$T = \frac{2\pi R_i}{K_j Z_i R_{i+1} \omega_j \Delta U_j} \quad (4)$$

Например, при $\Delta U_j = 0,001$ $K=5$; $R_i = R_{i+1}$; $Z = 20$; $\omega_j = 0,628 \text{ c}^{-1}$; $T = 100 \text{ c}$. Как видно из примера, минимизация величины ΔU_j не решает проблемы периодичности величины неравномерности слоя по плотности.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что увеличение количества зон утонения и общего коэффициента утонения влечет за собой увеличение на выходе из машины количества сочетаний порций стеблей с различной линейной плотностью, увеличение различия по плотности отдельных порций и в целом снижает равномерность слоя.

2. Увеличение кратности деления увеличивает максимально возможную неравномерность порций стеблей на выходе, уменьшает вероятность появления такой неравномерности, повышает вероятность появления порций с расчетной плотностью

и в целом увеличивает равномерность слоя.

3. Увеличение толщины зуба влечет за собой увеличение неравномерности слоя.

4. Вследствие несоответствия фактического отношения частот вращения подающего и принимающего дисков расчетному значению положение траекторий движения вершин принимающего диска во впадине подающего может меняться во времени по закону циклического характера.

5. Ужесточение требований по соблюдению соответствия фактического переда-

точного отношения расчетному не решает проблемы периодичности величины неравномерности слоя по плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: Учеб. пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 20.05.02.
