

УДК 677.021.166

**К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ  
ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА  
В МНОГОКАМЕРНЫХ СМЕШИВАЮЩИХ МАШИНАХ**

**ON THE QUESTION OF OPTIMIZING THE PROCESS  
OF MIXING THE FIBROUS MATERIAL  
IN THE MULTI-CHAMBER MIXING MACHINES**

*В.В. ВОЛКОВ, А.Д. СЕМЕНОВ, С.В. ВОЛКОВ, Н.К. ПАКУЛОВА  
V.V. VOLKOV, A.D. SEMENOV, S.V. VOLKOV, N.K. PAKULOVA.*

**(Пензенский государственный технологический университет,  
Пензенский государственный университет)  
(Penza State University of Technology, Penza State University)  
E-mail: mycolo@rambler.ru**

*Проведено исследование по оптимизации процесса смешивания волокнистого материала в многокамерных смешивающих машинах. Найдены условия оптимального смешивания в исследуемых машинах.*

*Research on optimization of the mixing process in a multi-chamber mixing machines has been performed. We find conditions of optimal mixing in the test machines.*

**Ключевые слова:** многокамерная смешивающая машина, кипный питатель, оптимальная расстановка кип, динамические характеристики машин.

**Keywords:** multi-chamber mixing machine, stack feeder, optimal placement of stacks, dynamic characteristics of the machine.

В многокамерных смешивающих машинах эффект смешивания достигается благодаря разности скоростей выпуска материала из камер или разности высот наполнения камер смешиваемым материалом при постоянной скорости выпуска [1]. Реальный процесс смешивания сопровождается изменением массы волокна  $M$  и производительности  $Q$  смешивающей машины, а следовательно, и изменением ее постоянной времени, то есть смешивающая машина является динамическим звеном с переменными параметрами. Будем считать, что выполняется условие равенства входной и выходной производительности, при этом постоянная времени смешивающей машины меняется значительно медленнее, чем ее производительность. При таких допущениях смешивающую машину можно рассматривать как квазистационарную систему.

Оценка смешивающей способности обоих типов машин может быть проведена на основе их динамических характеристик, в качестве которых можно рассматривать временные или частотные характеристики. Таким образом, смешивающая способность машины будет определяться, во-первых, динамическими характеристиками входных сигналов машины, под которыми будем подразумевать изменение производительности смешиваемых компонентов на входе машины, во-вторых, динамическими характеристиками самой машины [2].

В работе [3] получено уравнение динамики процесса смешивания:

$$\tau(x)\omega(\tau)\frac{d\tau}{dx} = h(x), \quad (1)$$

где  $\omega(\tau)$  – нормированная по постоянной времени  $T$  функция веса машины;  $\tau(x)$  и  $h(x)$  – время нахождения материала в машине и высота наполнения машины смешиваемым материалом в продольном сечении  $x$  соответственно.

Для получения наибольшей постоянной времени машины  $T$  в работе [3] доказано, что для улучшения процесса смешивания необходимо, чтобы в машине находилось как можно больше материала из условия:

$$\int_0^1 \tau(t)\omega(t)dt = \int_0^1 h(x)dx = \max. \quad (2)$$

В результате решения вариационной задачи была получена оптимальная функция веса машины:

$$\omega(t) = 1, \quad (3)$$

и ее передаточная функция:

$$W(p) = \frac{1 - e^{-pT}}{pT}. \quad (4)$$

Если синхронизировать работу смешивающей машины с работой кипного питателя в соответствии с алгоритмом [3], то теоретически можно добиться "идеального" смешивания. Алгоритм синхронизации кипного питателя и смешивающей машины с  $V = \text{const}$  заключается в последовательном наполнении камер смешивающей машины при движении питателя с постоянной скоростью вдоль ставки. По окончании прохода вдоль ставки питатель останавли-

вается и ожидает сигнала освобождения от волокна какой-либо камеры. После этого открывается клапан этой камеры, кипный питатель возобновляет движение и наполняет пустую камеру, далее процесс повторяется.

Однако для такого "идеального" смешивания (в общем случае) необходимо, чтобы число камер смешивающей машины равнялось числу кип смешиваемых компонентов.

Если использовать четное количество кип каждого из смешиваемых компонентов и оптимально располагать кипы на рабочем поле кипного питателя симметрично относительно центра ставки кип, число камер можно сократить вдвое, а объем машины – вчетверо. Алгоритм оптимальной расстановки кип приведен в работе [4].

В качестве критерия оптимальности, характеризующего неравномерность подачи, предложено использовать средневзвешенное значение дисперсий процентного состава (коэффициент вариации) по каждому компоненту на каждом шаге их подачи:

$$I = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m \frac{(x_{ij} - x_{0j})^2}{x_{0j}}, \quad (5)$$

где  $k$  – число последовательных циклов подачи;  $x_{ij}$  – текущее содержание компонентов смеси на  $j$ -м шаге подачи.

В исходной постановке имеем задачу целочисленного программирования, ре-

куррентное соотношение для определения оптимальных значений  $x_{ij}$  на каждом шаге последовательной процедуры задается уравнение Беллмана:

$$I_{j+1} = \min_{x_{ij} \in X} \{I_j, x_{ij}\}. \quad (6)$$

На первом шаге рассчитывают значение критерия (6) для различных вариантов сочетания подачи  $m$  компонентов и находят его минимум на сочетании  $C_m^{m_1}$ , где  $m_1 < m$ . На втором шаге находят минимум (6) с учетом значений  $x_{ij}$ , найденных на первом шаге на сочетаниях  $C_m^{m_2}$  и т.д.

Рассмотрим это на простейшем примере. Пусть имеется три смешиваемых компонента: А, Б и В. Количество смешиваемых компонентов соответственно равно А - 2, Б - 4, В - 6, то есть выполняется условие четности.

Пусть компоненты располагаются на рабочем поле кипного питателя произвольно, как показано в табл. 1.

Таблица 1

А	Б	Б	В	В	В
А	Б	Б	В	В	В

В табл. 2 показано расположение смешиваемых компонентов в бункерах смешивающей машины, при выполнении условий "идеального" смешивания (произвольное расположение компонентов в ставке) согласно табл. 1.

Таблица 2

1 Бункер		2 Бункер		3 Бункер		4 Бункер		5 Бункер		6 Бункер		7 Бункер		8 Бункер		9 Бункер		10 Бункер		11 Бункер		12 Бункер		
А	А																							
Б	Б																					А	А	
Б	Б																				А	А	Б	Б
В	В																	А	А	Б	Б	Б	Б	
В	В															А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	
В	В													А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	
В	В									А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	В	В	В	В	
В	В							А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	
Б	Б					А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	
Б	Б			А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	
А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	Б	Б	Б	Б
А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	Б	Б	А	А

Из табл. 2 следует, что каждый бункер заполняется при прямом и обратном проходе питателя.

Если теперь расположить компоненты на рабочем поле оптимально (табл. 3), то число камер сокращается вдвое, а объем машины – вчетверо (табл. 4 – расположение смешиваемых компонентов в камерах смешивающей машины (оптимальная расстановка кип)).

Таблица 3

В	Б	А	Б	В	В
В	В	Б	А	Б	В

Таблица 4

1		2		3		4		5		6	
Бункер		Бункер		Бункер		Бункер		Бункер		Бункер	
В	В										
В	Б									В	В
Б	А							В	В	В	Б
А	Б					В	В	В	Б	Б	А
Б	В			В	В	В	Б	Б	А	А	Б
В	В	В	В	В	Б	Б	А	А	Б	Б	В
В	В	В	Б	Б	А	А	Б	Б	В	В	В

Основной проблемой при такой организации процесса смешивания является точное дозирование волокнистой смеси за один проход кипного питателя. В работе [5] рассмотрена задача такого управления дозированием с использованием самонастраивающихся микропроцессорных регуляторов, реализующих идентификационный алгоритм адаптивного управления в параметрически адаптивной системе.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что для смешивающих машин с разной высотой наполнения камер при постоянной скорости выпуска можно путем синхронизации ее работы с

работой кипного питателя добиться "идеального" смешивания.

2. Показано, что использование четного количество кип каждого из смешиваемых компонентов при их оптимальном расположении на рабочем поле кипного питателя, симметрично относительно центра ставки, число камер смешивающей машины можно сократить вдвое, а объем машины – вчетверо.

3. Предложено для автоматического дозирования смешиваемых компонентов использовать самонастраивающиеся микропроцессорные регуляторы, реализующие идентификационный алгоритм адаптивного управления в параметрически адаптивной системе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. СССР, № 1670002. Машина для смешивания волокнистого материала. / В. Ю. Баталин, А. Д. Семенов, В. Н. Терентьев, В. П. Сашкин. Опубл. 1991. БИ № 30.
2. Гинзбург Л.Н., Хавкин В.П. и др. Динамика основных процессов прядения / В трех частях. – Ч.3. – М.: Легкая индустрия, 1970.
3. Волков В.В., Семенов А.Д. Математическая модель процесса смешивания //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С. 24...28.
4. Волков В.В., Семенов А.Д., Сатаева Р.Ф., Юдина Е.Ю. Стабилизация внутренней неровноты продуктов прядения на основе синхронизации режимов работы кипного питателя и смешивающей машины //Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012 №1. С.34...37.
5. Волков В.В., Семенов А.Д., Сатаева Р.Ф., Короткова Н.Н. Стабилизация процессов дискретного дозирования массы хлопка в кипном питателе на основе идентификационного алгоритма адаптивного управления в параметрической адаптивной среде // Дизайн. Материалы. Технология. – 2011, №5(20). С. 39...42.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 20.03.15.