

УДК 677.021.16

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА
СМЕШИВАНИЯ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА
В ПОТОЧНЫХ ЛИНИЯХ**

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS
OF MIXING FIBROUS MATERIAL IN PRODUCTION LINES**

В.В. ВОЛКОВ, А.Д. СЕМЕНОВ, Н.К. ПАКУЛОВА

V.V. VOLKOV, A.D. SEMENOV, N.K. PAKULOVA

(Пензенский государственный технологический университет,
Пензенский государственный университет)

(Penza State Technological University,
Penza State University)

E-mail: volkovv@penzgtu.ru; SAD-50@mail.ru; matfei99@mail.ru

Рассмотрен вариант повышения качества смешивания волокнистых материалов за счет оптимизации подачи компонентов в смешивающую машину. Оценено значение состава участка смешивания в технологической линии.

The option of improvement of quality of mixing fibrous materials due to optimization of giving of components in the mixing car is considered. Value of structure of a site of mixing in the technological line is estimated.

Ключевые слова: агрегированная поточная линия, волокнистый материал, процесс смешивания.

Keywords: the aggregated product line, fibrous material, mixing process.

Смешивание волокнистых материалов, хлопка или хлопка с химическими волокнами, на этапе предпрядения в поточной линии осуществляется в несколько этапов. Вначале, с учетом заданного процентного соотношения смешиваемых компонентов (заданной сортировки), реализуется последовательная или последовательно-параллельная подача смешиваемых компонентов на переработку. На втором этапе происходит смешивание

компонентов в смешивающей машине. На третьем этапе осуществляется распределение суммарного потока волокнистой массы на группы чесальных машин. На последнем этапе происходит сложение полупродуктов переработки на первом и втором ленточных переходах. Влиянием остальных машин поточной линии на процесс смешивания можно пренебречь из-за сравнительно малых значений постоянных времени этих

машин [1...5]. Так, например, постоянная времени смешивающей машины бункерного типа, бункеры которой заполняются последовательно, причем переключение бункеров происходит после окончания прохода кипного питателя над ставкой кип, равна 760 с, а постоянные времени остальных машин поточной линии не превышают нескольких десятков секунд.

Схема процесса смешивания представлена на рис. 1.

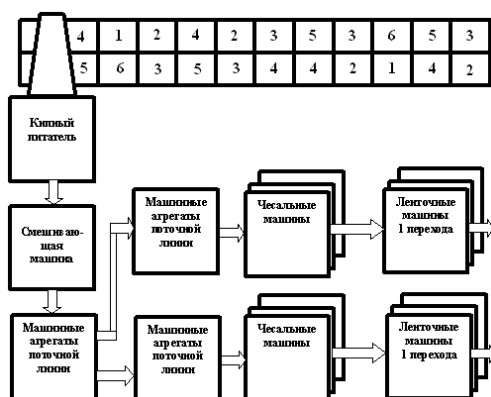


Рис. 1

На основе данной технологической схемы составлена структурная схема процесса смешивания, состоящая из набора цифровых фильтров (рис. 2). Нерекурсивные цифровые фильтры осуществляют фильтрацию периодических сигналов покомпонентного отбора волокнистого материала, генерируемых кипным питателем.

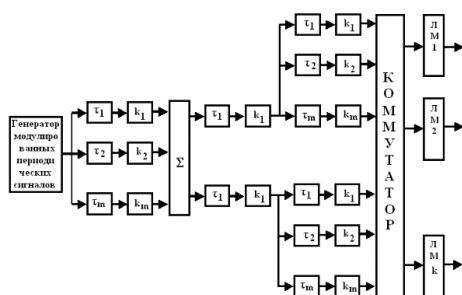


Рис. 2

Кипный питатель, производящий отбор волокнистого продукта из ставки, реализуется генератором периодических сигналов. Первый цифровой фильтр реализует работу смешивающей машины. Далее, проходя че-

рез ряд машинных агрегатов поточной линии, волокнистый поток направляется к двум трепальным машинам. Влияние машинных агрегатов учитывается с помощью эквивалентного транспортного запаздывания τ_i . Коэффициенты передачи k_i в ветвях линии пропорциональны их производительности. После этого волокнистый поток равномерно распределяется по питающим бункерам чесальных машин.

На выходе чесальных машин полупродукт (чесальная лента) поступает в накопители (тазы, катушки) и передается на ленточные машины первого перехода (ЛМ₁). Прерывистая (порционная) подача материала на ленточные машины позволяет осуществить дополнительное смешивание, изменяя количество и порядок подачи лент на вытягивание. Указанная особенность реализуется в структурной схеме введением коммутатора, учитывающего рабочее направление и порядок подачи материала. В случае большой сложности структурной схемы ее целесообразно упростить, используя известные правила трансформации (редуцирования) структурных схем. Непременным условием при этом является проверка адекватности полученной схемы по отношению к исходной.

В приведенной на рис. 2 структурной схеме содержатся только два цифровых фильтра. Параметры первого цифрового фильтра определяются характеристиками смешивающей машины, параметры второго фильтра – количеством, направлением и порядком подачи чесальных лент на вытягивание в ленточные машины.

Улучшение качества процесса смешивания целесообразно начинать с оптимальной подачи компонентов волокнистого материала в смешивающую машину, то есть с самого начала процесса. Данный вывод вытекает из известных фундаментальных свойств стохастических процессов. Сформулируем исходную постановку рассматриваемой задачи в следующем виде [6].

Имеется m компонентов, количество которых в смешиваемой массе равно n_1, n_2, \dots, n_m . $\sum_{i=1}^m n_i = N$. Соответственно процент-

ное содержание смешиваемых компонентов будет равно:

$$x_{0i} = \frac{n_i}{N}. \quad (1)$$

Компоненты в смешивающую машину подаются последовательно или последовательно-параллельно. При параллельной подаче компонентов получается тривиальное решение задачи.

Необходимо осуществить параллельно-последовательную подачу компонентов, минимизирующую функционал вида:

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

где s – циклы подачи; x_{ij} – текущее содержание компонентов смеси на j -м шаге подачи.

Таким образом, в данной постановке имеем задачу целочисленного программирования. Рекуррентное соотношение для определения оптимальных значений x_{ij} на каждом шаге последовательной процедуры задается уравнением Беллмана:

$$I_{j+1} = \min_{x_{ij} \in X} \{I_j, x_{ij}\}. \quad (3)$$

На первом шаге рассчитывают значение критерия (2) 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 (2) с учетом значений x_{ij} , найденных на первом шаге на сочетаниях $C_m^{m_2}$ и т.д.

В [7], [8] доказано, что для получения наибольшей постоянной времени смешивающей машины T при заданной производительности необходимо, чтобы машина имела линейную переходную характеристику.

Передаточная функция машины в этом случае будет иметь вид:

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

При такой передаточной функции возможно полное устранение переменных составляющих на периодах, кратных постоянной времени машины. Из этого следует, что для идеального смешивания необходимо выполнение условия кратности постоянной времени смешивающей машины времени двойного хода питателя над ставкой кип.

Кроме того, для достижения идеального смешивания необходимо выполнить следующие условия.

1. Скорости выпуска волокнистого материала из камер смешивающей машины должны быть равны между собой.

2. Загрузку камер смешивающей машины волокнистым материалом необходимо осуществлять последовательно.

3. При несимметричном расположении смешиваемых компонентов относительно центра ставки загрузка камеры должна осуществляться до тех пор, пока кипный питатель не совершит полный двойной ход.

4. При симметричном расположении компонентов или при отборе материала только в одном направлении движения питателя загрузка камеры должна осуществляться до тех пор, пока питатель не пройдет всю ставку кип.

В качестве примера в табл. 1 показана последовательность заполнения камер трехкамерной смешивающей машины при смешивании трех компонентов и при отборе материала из ставки при движении кипного питателя только в одном направлении.

Т а б л и ц а 1

1 шаг						2 шаг						3 шаг					
1 бункер		2 бункер		3 бункер		1 бункер		2 бункер		3 бункер		1 бункер		2 бункер		3 бункер	
1	2									1	2			1	2		
2	3	1	2			1	2			2	3			2	3	1	2
3	3	2	3	1	2	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	2	3
В следующую машину						В следующую машину						В следующую машину					

Из табл. 1 видно, что на каждом шаге выполняются идеальные условия смешивания при любом варианте расстановки кип на рабочем поле кипного питателя.

Если реализовать односторонний отбор продукта из кип или обеспечить симметричное относительно центра расположение смешиваемых компонентов в ставке, то число бункеров можно уменьшить вдвое, сделав его равным только числу рядов кип в продольном направлении ставки.

В MATLAB была разработана программа, реализующая алгоритм цифровой фильтрации в соответствии со структурной схемой, приведенной на рис. 2, и позволяющая при заданном расположении кип в став-

ке, заданном количестве бункеров смешивающей машины и заданном количестве сложенных лент на ленточном переходе, вычислить внутреннюю неровноту компонентов в конечном продукте.

2	4	1	2	4	2	3	5	3	6	5	3
3	5	6	3	5	3	2	4	2	1	4	2

Рис. 3

На рис. 3 показано симметричное расположение кип относительно центра ставки в поточной линии с 12-бункерной смешивающей машиной и 8-кратным сложением лент на ленточном переходе.

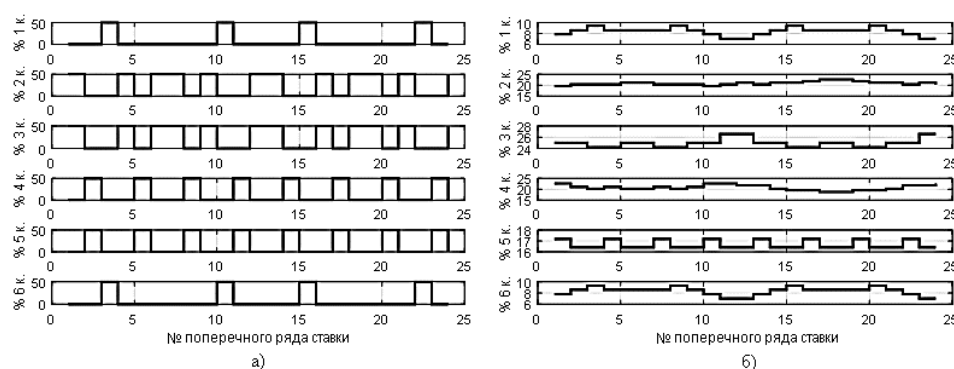


Рис. 4

На рис. 4-а отражено изменение внутренней неровноты шести смешиваемых компонентов, расположенных на рабочем поле кипного питателя согласно рис. 3, суммарный коэффициент вариации, вычисленный по выражению (2), равен $I_v = 9,5006$. На рис. 4-б – изменение внутренней неровноты компонентов после смешивающей машины и ленточного перехода, суммарный коэффициент вариации $I_v = 0,3336$.

ВЫВОДЫ

1. Для улучшения смешивания необходимо повышать симметричность расположения смешиваемых компонентов относительно центра ставки.
2. Компоненты с меньшим процентным составом размещать ближе к центру ставки.
3. Осуществлять последовательную загрузку бункеров смешивающей машины.

4. Осуществлять перезагрузку бункеров после того, как кипный питатель придет в исходное положение к началу ставки.

5. При определении состава участка смешивания технологической линии следует учитывать, что количество бункеров более значимо, чем общий объем смешивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург Л.Н., Хавкин В.П., Винтер Ю.М., Молчанов А.С. Динамика основных процессов прядения. – М.: Легкая индустрия. – Ч.1, 1970; Ч.2, 1972; Ч.3, 1976.
2. Севостьянов П.А. Оценка эффективности выравнивания потока и смешивания волокон в смесовой машине периодического действия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1968, №2. С.48...52.
3. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

4. Винтер Ю.М., Зензинова Ю.Б. Исследование эффективности внутрикомпонентного смешивания волокнистого материала по оценкам автокорреляционной функции методами статистического моделирования. – М.: МГТУ, 2003.

5. Севостьянов А.Г. Составление смесок и смешивание в хлопкопрядении. (Теория и практика). – М.: Гизлегпром, 1954.

6. Семенов А.Д., Волков В.В. Математическая модель процесса смешивания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.24...28.

7. Волков В.В., Авроров В.А. Моделирование технологических операций и разработка конструктивных схем оборудования для хлопкопрядильного производства. – Пенза, Пенз. гос. технолог. акад.: Изд-во ПГТА, 2011.

8. Волков В.В., Семенов А.Д., Волков С.В., Пакулова Н.К. К вопросу об оптимизации процесса смешивания волокнистого материала в многокамерных смешивающих машинах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С.113...116.

REFERENCES

1. Ginzburg L.N., Khavkin V.P., Vinter Yu.M., Molchanov A.S. Dinamika osnovnykh protsessov pryadeniya. – М.: Legkaya industriya. – Ch.1, 1970; Ch.2, 1972; Ch.3, 1976.

2. Sevost'yanov P.A. Otsenka effektivnosti vyравnivaniya potoka i smeshivaniya volokon v smesovoy ma-

shine periodicheskogo deystviya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1968, №2. S.48...52.

3. Sevost'yanov A.G., Sevost'yanov P.A. Modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov (v tekstil'noy promyshlennosti). – М.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.

4. Vinter Yu.M., Zenzinova Yu.B. Issledovanie effektivnosti vnutrikomponentnogo smeshivaniya voloknistogo materiala po otsenkam avtokorrelyatsionnoy funktsii metodami statisticheskogo modelirovaniya. – М.: MGTU, 2003.

5. Sevost'yanov A.G. Sostavlenie smesok i smeshivanie v khlopkopryadenii. (Teoriya i praktika). – М.: Gizlegprom, 1954.

6. Semenov A.D., Volkov V.V. Matematicheskaya model' protsessa smeshivaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2003, №5. S.24...28.

7. Volkov V.V., Avrorov V.A. Modelirovanie tekhnologicheskikh operatsiy i razrabotka konstruktivnykh skhem oborudovaniya dlya khlopkopryadil'nogo proizvodstva. – Penza, Penz. gos. tekhnolog. akad.: Izd-vo PGTA, 2011.

8. Volkov V.V., Semenov A.D., Volkov S.V., Pakulova N.K. K voprosu ob optimizatsii protsessa smeshivaniya voloknistogo materiala v mnogokamernykh smeshivayushchikh mashinakh // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №2. S.113...116.

Рекомендована кафедрой автоматизации и управления ПГТУ. Поступила 15.05.19.