

УДК 677.051.25

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
БУНКЕРНЫМ ПИТАНИЕМ КАРДОЧЕСАЛЬНЫХ МАШИН**

*А.Б.КОЗЛОВ, В.П.СЕВОСТЬЯНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В настоящее время бесхолстовое питание кардочесальных машин в прядении хлопка и его смесей с химическими волокнами является наиболее распространенным способом подачи волокнистого материала (ВМ) на чесальные машины [1, 2]. Эти устройства не могут работать без включения в их состав систем автоматического управления подачей ВМ в бункеры из транспортирующего трубопровода, уровнем заполнения бункеров ВМ, скоростью

выпуска ВМ из бункера на вход чесальной машины, давлением воздуха над слоем ВМ в бункерах. Известны несколько схем распределения ВМ по бункерам, например, система с возвратом излишка ВМ в замкнутую магистраль, тупиковая система со сбросом остатка ВМ в последний бункер, тупиковая система с клапанным управлением подачей ВМ в каждый из бункеров (рис.1).

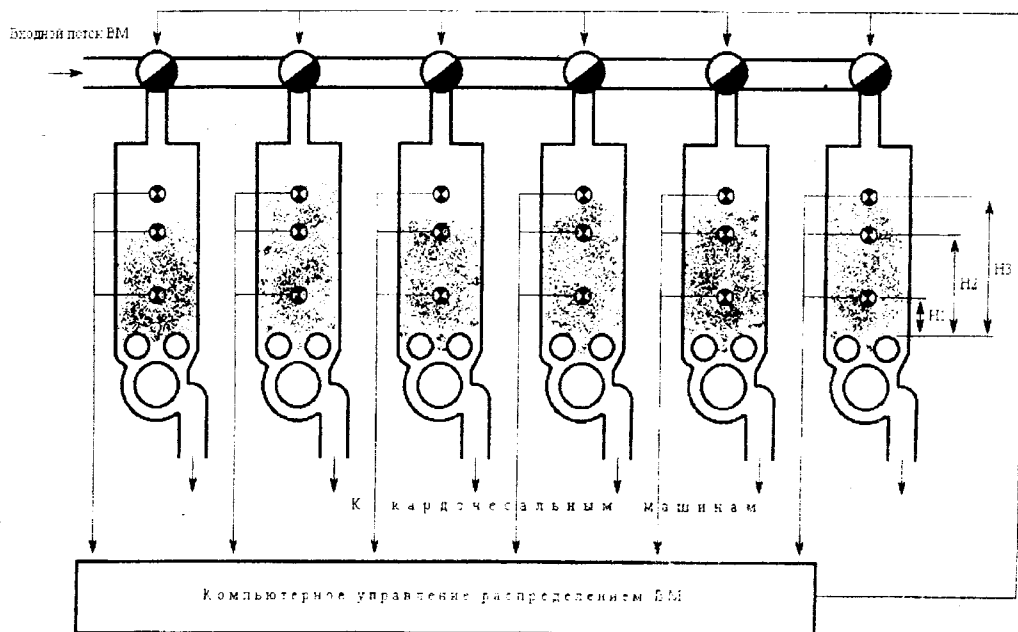


Рис. 1

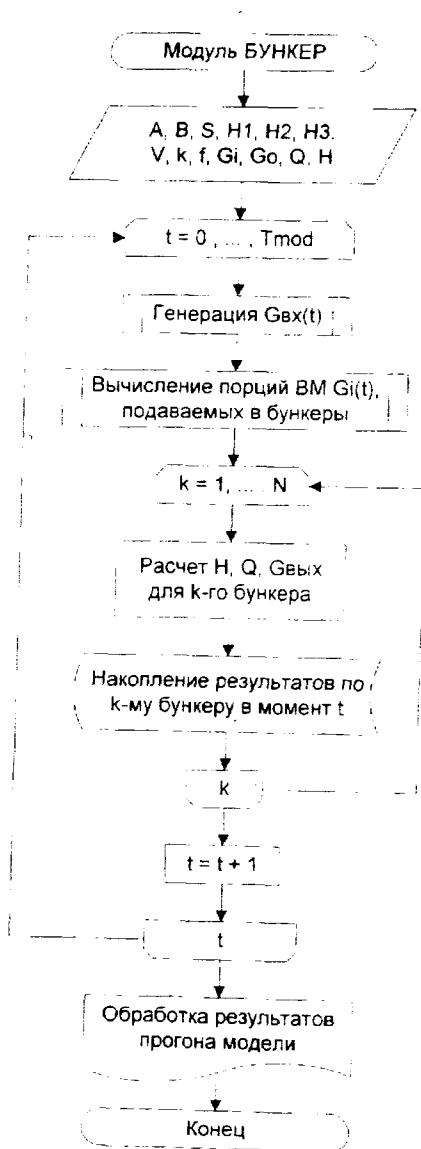


Рис. 2

Для проектирования оптимальных систем бесхолстового питания с учетом перечисленных особенностей была создана математическая компьютерная модель системы, включая и систему автоматического управления (КМ\_САУБП), позволяющая достаточно детально имитировать ее работу и комплексно исследовать совместную работу всех ее частей. Модель включает 1 – имитатор входного потока ВМ, построенный с использованием генератора случайной временной последовательности значений для линейной плотности модели; 2 – модель, реализующую выбранный алгоритм распределения (подачи) ВМ в каждый из бункерных питателей и 3 – модели бункерных питателей (рис.2).

В качестве модели бункерного питателя использована имитационная компьютерная модель, предложенная в [3]. Предполагается, что каждый бункер оснащен двумя измерительными устройствами уровня заполнения бункера на высотах  $H_1$  и  $H_2$  ( $H_1 \leq H_2$ ). Если уровень ВМ превышает  $H_2$ , то питание бункера прекращается. Если уровень ВМ ниже  $H_1$ , то выключается выпуск ВМ. При промежуточном уровне ВМ питание и выпуск бункера остаются в тех состояниях, в которых они были до пересечения уровнем ВМ уровня одного из измерительных устройств (трехпозиционное регулирование). Скорость выпуска считается постоянной и рассчитывается так, чтобы в среднем выполнялось условие материального баланса входящего и суммарного выходящего потоков.

С помощью построенной КМ\_САУБП исследованы три варианта систем, основанные на следующих представлениях о работе системы и алгоритмах управления.

Вариант 1. Поступающий ВМ подается в один бункер до его заполнения и отключения его питания, затем в следующий и т.д. Если в ВМ одновременно нуждаются несколько бункеров, то сначала обслуживается ближайший ко входу бункер, затем следующий и т.д. Если в некоторый момент в подаче ВМ не нуждается ни один из бункеров, то перекрывается подача ВМ во входную магистраль системы распределения.

Вариант 2. Поступающий ВМ в каждый момент времени разделяется в среднем равномерно между всеми бункерами, нуждающимися в питании ВМ. Если в данный момент ни один из бункеров не нуждается в подаче ВМ, то остаток ВМ возвращается на вход закольцованной системы и складывается с вновь поступающим потоком (с запаздыванием на время обратного движения  $\tau$ ).

Вариант 3. Поступающий ВМ подается поочередно и последовательно в каждый из бункеров, нуждающихся в подаче ВМ, в течение одинаковых отрезков времени.

Для сравнения эффективности вариантов распределения использованы следующие характеристики: среднее  $M_x$ , средне-

квадратическое  $S_x$  значения и коэффициент  $C_x$  вариации линейной плотности потока ВМ на входе системы, аналогичные характеристики для потоков на выходе каждого из бункеров.

Для обеспечения возможности сравнения результатов компьютерные имитационные эксперименты проводили при одинаковых значениях параметров: поперечные размеры бункера  $A=1,18$  м;  $B=0,625$  м;  $H_1=0,9$  м;  $H_2=1,5$  м; плотность ВМ  $g=0,5$  г/см<sup>3</sup>; коэффициент трения волокна по металлу  $f=0,3$ ; коэффициент сжатия ВМ  $k=1$  м<sup>-1</sup>.

Среднее значение потока ВМ на входе  $M_x$  рассчитывалось из условия, что общая теоретическая производительность системы в среднем составляет 600 кг/ч. Тогда при шаге моделирования  $dt=0,1$  мин среднее значение  $M_x=1$  кг. Коэффициент вариации для потока ВМ на входе  $C_x$  принят равным 20%.

Скорость выпуска  $V$  у каждого из бункеров определена из условия материального баланса:

$$M_x = N g_{\text{вых}} S V dt.$$

– площадь поперечного сечения на выходе из бункера (принимается равной 0,2 м<sup>2</sup>);  $g_{\text{вых}}$  – плотность ВМ на выходе бункера (вычисляется с помощью математической модели сжатия ВМ в бункере [3]);  $N=6$  – число бункеров в системе. Длительность моделирования  $T_{\text{мод}}$  выбрана равной 60 мин (то есть моделировалась работа системы за 600 шагов  $dt$ ).

Точность результатов моделирования оценивалась в соответствии с общей методологией статистических имитационных экспериментов на ЭВМ. В каждом из опытов выполнено по 10 повторных прогонов модели. Это позволило не только повысить точность точечных оценок, но и оценить эту точность по значениям абсолютной квадратичной погрешности. Объем выборки – длительность моделируемого отрезка времени работы системы – выбиралась таким образом, чтобы эта ошибка в оценках средних значений не превышала 10 %. Результаты экспериментов для 3-х вариантов системы представлены в табл.1...3 соответственно табл.1 – вариант 1; табл. 2 – вариант 2 и табл. 3 – вариант 3.

Таблица 1

№ бункера	1	2	3	4	5	6
$G_{\text{вх}}$	24.787	20.126	24.766	18.821	24.900	18.937
$Sg_{\text{вх}}$	109.409	99.837	109.201	93.201	109.896	93.753
$Cg_{\text{вх}}$	441,3	496,5	440,3	495,7	441,4	494,9
$G_{\text{вых}}$	22.409	21.921	21.790	21.4116	21.541	21.096
$Sg_{\text{вых}}$	4.263	4.674	4.545	4.269	4.874	4.411
$Cg_{\text{вых}}$	19,0	21,3	20,9	19,9	23,1	20,9
$H$	1.359	1.345	1.329	1.283	1.307	1.282
$Sh$	0.326	0,308	0.329	0.286	0.313	0.293
$Ch$	24,0	22,9	24,7	22,3	23,9	22,8
$Q$	0.923	0.898	0.885	0.844	0.866	0.833
$Sq$	0.328	0,334	0,338	0.297	0.343	0,302
$Cq$	35,5	37,2	38,2	35,2	39,6	36,3

Таблица 2

№ бункера	1	2	3	4	5	6
$G_{вх}$	18.836	23.094	17.908	17.832	17.832	17.504
$Sg_{вх}$	58.997	78.829	47.051	46.946	46.946	46.578
$Cg_{вх}$	313,2	341,3	262,7	263,2	263,3	273,1
$G_{вых}$	20.862	21.818	20.796	20.746	20.440	20.609
$Sg_{вых}$	3.007	4.163	3.289	3.209	3.155	3.252
$Cg_{вых}$	14,4	19,1	15,8	15,5	15,4	15,8
H	1.235	1.340	1.250	1.233	1.227	1.251
Sh	0.190	0.267	0.188	0.187	0.186	0.191
Ch	15.4	19,9	15.1	15.2	15.2	15.3
Q	0.789	0.886	0.796	0.785	0.770	0.788
Sq	0.189	0.286	0.199	0.194	0.189	0.199
Cq	23.9	32.3	25.0	24.7	24.4	25.2

Таблица 3

№ бункера	1	2	3	4	5	6
$G_{вх}$	25.229	25.694	23.874	25.791	28.310	24.586
$Sg_{вх}$	111.256	113.219	105.231	113.582	113.262	108.377
$Cg_{вх}$	441.0	440.6	440.8	440.4	400.1	440.8
$G_{вых}$	24.931	25.467	24.044	24.896	25.592	25.771
$Sg_{вых}$	3.451	3.637	3.859	4.085	4.044	3.935
$Cg_{вых}$	13.8	14.3	16.0	16.4	15.8	15.3
H	1.566	1.642	1.520	1.568	1.644	1.671
Sh	0.184	0.173	0.235	0.201	0.190	0.217
Ch	11.7	10.5	15.4	12.8	11.6	13.0
Q	1.124	1.189	1.065	1.128	1.199	1.221
Sq	0.231	0.235	0.273	0.271	0.260	0.264
Cq	20.5	19.8	25.6	24.0	21.7	21.6

Статистические оценки характеристик потока на входе системы во всех моделируемых вариантах составляют  $\bar{G}_{вх} = 496,6$ ;  $Sg_{вх} = 25,94$ ;  $Cg_{вх} = 5,22\%$ .

Высокие значения среднеквадратических отклонений и соответственно коэффициентов вариаций для входных потоков во всех вариантах объясняются присутст-

вием в выборочных значениях “выскакивающих” нулевых значений в те моменты времени, когда подача ВМ в данный бункер прекращалась. Однако исключать их из выборок, на наш взгляд, нецелесообразно, так как эти значения свидетельствуют о нестационарности процесса.

Анализ приведенных данных показывает, что во всех вариантах наблюдается значительное снижение фактической производительности по сравнению с проектной. Это объясняется тем, что выбранные алгоритмы распределения ВМ приводят к периодическим прерываниям либо всего питающего потока, либо потоков на входе отдельных бункеров. Во всех вариантах имеет место высокая неравномерность выходящих потоков с коэффициентами вариации от 19 до 23 % в 1-м варианте распределения, от 14 до 19% во 2-м варианте распределения и от 14 до 16% в 3-м варианте распределения ВМ.

Отсюда следует, что все три рассмотренных варианта не приводят к существенно неравномерному распределению ВМ между бункерами, хотя 3-й вариант является наиболее предпочтительным с точки зрения равномерности выходящих потоков по линейной плотности. 3-й вариант имеет и более высокую фактическую производительность бункеров по сравнению с другими вариантами распределения, хотя различие в средних не слишком велико. Вместе с тем следует отметить, что ни один из вариантов не обеспечивает высокой производительности системы. Поэтому необходимо исследовать другие варианты управления, которые могут дать более высокую фактическую производительность при приемлемом уровне равномерности распределения ВМ между бункерами.

## ВЫВОДЫ

1. Построена компьютерная модель системы распределения волокнистого материала по бункерным питателям кардочесальных машин, реализованная в виде программы, позволяющей исследовать различные варианты распределения волокнистого материала с учетом локальных алго-

ритмов управления уровнем заполнения бункером и их выравнивающей способностью.

2. Выполнены компьютерные имитационные статистические эксперименты с моделью и рассмотрены три варианта систем распределения. Полученные данные позволяют судить об эффективности сравниваемых вариантов. Одновременно установлена эффективность применения метода компьютерной статистической имитации для решения рассматриваемой задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Осьмин Н.А., Севостьянов А.Г., Щербаков В.П.* Механическая технология текстильных материалов: Учебник для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1988.
2. *Николаев В.Б.* Равномерное питание бесколесовых чесальных машин: Дис...канд. техн. наук. – М., 1967.
3. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности: Учебник для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 06.10.00.