УДК 677.021.16

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Д.А. ЗАБРОДИН, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ

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

Современное хлопкопрядильное производство ориентировано на широкое применение агрегирования машин отдельных переходов в поточные линии. Однако преимущества такого агрегирования [1], [2] предъявляют повышенные требования к надежности машин, входящих в состав таких линий. Очевидно, что выход из строя одной из машин цепочки приводит к останову всей линии. С целью предотвращения непроизводительных простоев наиболее важные и наименее надежные машины дублируют запасными. С неизбежностью таких мер приходится мириться, несмотря на связанные с этим дополнительные финансовые, материальные и энергетические затраты.

Отметим, что выбор оптимальной схемы резервирования связан с определенными особенностями задачи, делающими ее отличной от обычной задачи резервирования общей теории надежности систем [3], [4]. При выходе одной из машин линии из строя она резервируется другими машинами, уже работающими в линии параллельно с вышедшей из строя. При этом для сохранения производительности всей системы повышают производительность работающего оборудования, чтобы компенсировать остановившуюся машину. Однако такая компенсация не всегда может быть полной: либо необходимо иметь большой запас неиспользуемых мощностей, либо прирост производительности не компенсирует возникших потерь. Таким образом, возникают колебания в производительности линии. Эти колебания и возможности их снижения и являются предметом рассмотрения.

Для обеспечения возможности всестороннего и гибкого анализа изучаемой системы и решения задачи оценки стабильности разработана компьютерная имитационная статистическая модель, позволяющая строить и изучать с указанной точки зрения различные по структуре и параметрам поточные линии. Модель реализована с использованием объектноориентированного визуального языка программирования Delphi.

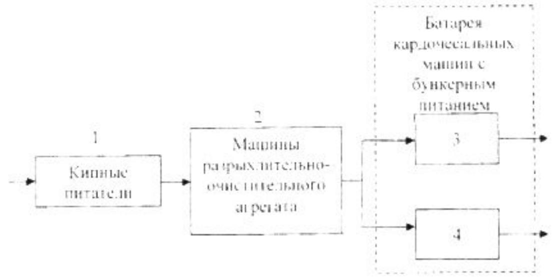

Рис. 1

Для проверки работоспособности модели и удобства ее программного обеспечения с ней были выполнены компьютерные эксперименты. Эксперименты проводили с моделью поточной линии, структура которой изображена на рис.1. Время наработки на отказ τ и время на восстановление θ машин считалось распределенным по показательному закону со средними значениями, указанными в табл.1. Там же указаны номинальные и максимальные значения производительностей для каждой машины линии.

Таблица 1

Блок	$П_{maxi}$	τ, ч	θ, ч
1	190	10	6
2	200	15	17
3	150	8	10
4	100	8	6

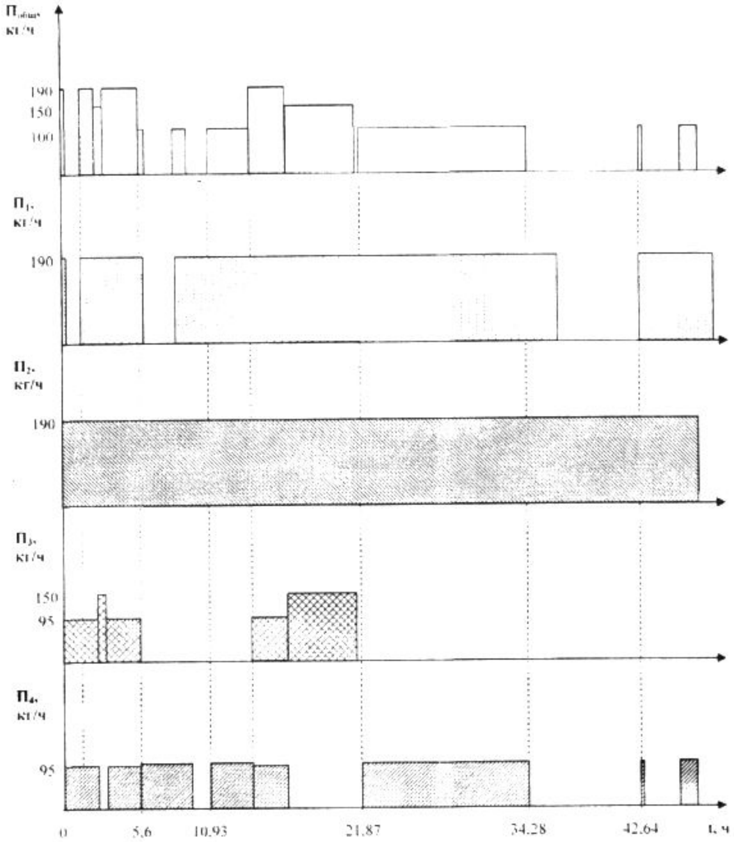

Рис. 2

На рис. 2 показано изменение производительности блоков и общей производительности поточной линии в течение T_{mod} = 48 ч (один прогон модели). Видно, что в результате выхода из строя кипных питателей возникли колебания в производительности линии. Выход из строя одной из кардочесальных машин компенсировался увеличением на это время производительности другой кардочесальной машины.

В качестве количественных мер нестабильности производительности линии приняты: среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, минимальное и максимальное значения производительности, выборочное распределение производительности за все время моделирования.

Из эксперимента следует, что поскольку остановы машин – события достаточно редкие, то для получения статистически надежных результатов моделирования необходимо моделировать длительные отрезки времени и выполнять большое число повторных прогонов модели.

В эксперименте 2 исследовалось изменение среднеквадратической ошибки оценки коэффициента вариации в зависимости от числа прогонов и длительности моделируемого интервала времени.

Результаты эксперимента представлены в табл.2 и изображены на рис. 3 (зависимость C_v^2 от времени моделирования).

Таблица 2

T_{mod}	$\overline{x}^{(2)}$	$x_{min}^{(2)}$	$x_{max}^{(2)}$	$S^{(2)}$	$C_v^{(2)}$, %
500	15,97	9	27	2,789	17,5
1000	31,44	20	44	3,997	12,72
5000	156,92	130	189	8,511	5,42
10000	312,5	262	355	12,911	4,13
20000	625,27	572	686	17,688	2,83
50000	1561,73	1482	1647	27,361	1,75
100000	3126,74	3006	3277	39,726	1,27

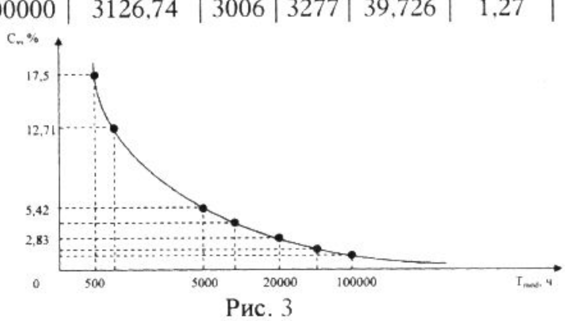

Рис. 3

Максимальная производительность системы определяется следующим образом:

$$\Pi_{\max\,сист} = \Pi_{\max 1}\text{, если } \Pi_{\max 1} \le \Pi_{\max 2}$$
$$\text{или } \Pi_{\max 1} \le \Pi_{\max 3} + \Pi_{\max 4},$$
$$\Pi_{\max\,сист} = \Pi_{\max 2}\text{, если } \Pi_{\max 2} \le \Pi_{\max 1}$$
$$\text{или } \Pi_{\max 2} \le \Pi_{\max 3} + \Pi_{\max 4},$$
$$\Pi_{\max\,сист} = \Pi_{\max 3} + \Pi_{\max 4}\text{, если}$$
$$\Pi_{\max 3} + \Pi_{\max 4} \le \Pi_{\max 1} \text{ или}$$
$$\Pi_{\max 3} + \Pi_{\max 4} \le \Pi_{\max 2},$$

где $\Pi_{\max i}$ – максимальная производительность i-го блока.

Моделирующий алгоритм имеет вид:

1. Задаем начальные параметры: время моделирования T_{mod}; число прогонов n; производительности блоков; время наработки на отказ и время ремонта каждого блока.

2. Для $j = \overline{1, n}$ выполнить пп.3 – 10.

3. $t_i = 0$, где $i = \overline{1, k}$ (k – число блоков).

4. Генерируем интервал до ближайшего события τ_j и определяем ближайшее событие для каждого блока t_i.

5. Генерируем интервал τ_{min} и определяем $t_{min} = t_{min} + \tau_{min}$.

6. Находим ближайшее событие $t_{min} = \{t_i\}$.

7. Изменяем системное время ($t_{sys} = t_{min}$).

8. Определяем, какое событие произошло с блоком.

9. Анализируем событие (изменение производительности поточной линии).

10. Если системное время $t_{sys} > T_{mod}$, то к п.10. Если $t_{sys} > T_{mod}$, то переход к п.4.

11. Конец моделирования.

С моделью были проведены эксперименты при T_{mod} = 500; 1000; 5000; 10000; 20000; 50000; 100000 при n = 1000. Характеристики блоков приведены в табл.1.

Обозначим: $\overline{x}^{(i)}$ – среднее число сбоев j-го блока; $x_{min}^{(i)}$ – минимальное число сбоев j-го блока; $x_{max}^{(i)}$ – максимальное число сбоев i-го блока; $S^{(i)}$ – среднеквадратическое отклонение; $C_v^{(i)}$ – коэффициенты вариации, которые оценивались по формулам:

$$S^{(i)} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(x_j^{(i)} - \overline{x}^{(i)})^2},$$

$$C_v^{(i)} = \frac{S^{(i)}}{\overline{x}^{(i)}} \cdot 100\%,$$

где $x_j^{(i)}$ – число сбоев i-го блока за один прогон.

ВЫВОДЫ

Разработан алгоритм для моделирования стабильности по производительности автоматических поточных линий. Исследовано влияние времени моделирования и числа прогонов моделирующего алгоритма на ошибку в оценке прогнозируемой стабильности поточной линии прядильного производства. Определен рабочий диапазон для значений этих параметров, обеспечивающий при моделировании получение оценок с приемлемой точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Логинов А.В.* Дис....канд. техн. наук. – М.: МТИ, 1988.

2. *Гончаров В.Г., Усенко Б.В., Палютин П.П.* Агрегирование машин в поточные линии в хлопкопрядильном производстве // Обзор. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1975.

3. *Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В.* Основы теории надежности автоматических систем управления. – Л.: Энергоатомиздат, 1984.

4. *Войнов К.Н.* Прогнозирование надежности механических систем. – Л.: Машиностроение, 1978.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 29.09.04.