

М.В. Заморёнов, В.Я. Копп, Д.В. Заморёнова

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ С ОБЕСЦЕНИВАЮЩИМИ ОТКАЗАМИ

Предложена имитационная модель функционирования производственной ячейки при условии, что в случае её отказов обслуживание продукции прерывается, а после восстановления ее работоспособности оно начинается сначала.

Ключевые слова: автоматизированная линия, функция распределения, технологическая ячейка.

Как составляющая в структуре автоматизированной производственной системы (АПС), ячейка является элементом нижнего уровня иерархии по отношению к автоматизированным линиям (АЛ). Выходные параметры ее функционирования являются исходными данными для расчета АЛ, чем обеспечивается информационная согласованность иерархически организованных моделей всей системы в целом.

При таком подходе целесообразно использовать эквивалентные преобразования, позволяющие сворачивать как всю систему в целом, так и ее отдельные части, и заменять их простейшими элементами, имеющими два факторных состояния: отказовое и рабочее. Процесс функционирования таких элементов описывается функциями распределения (ФР) времени наработки на отказ и времени восстановления, а также времени обслуживания продукции. Если говорить о технологической ячейке (ТЯ), то фактически, реальная ячейка, обладающая определенной надежностью, заменяется эквивалентной с точки зрения производительности абсолютно надежной ячейкой. Аналогично сказанное относится и к любым другим, более крупным частям АЛ.

Эквивалентная замена элементов АЛ абсолютно надежными, позволяет значительно упростить преобразования при построении модели всей системы, а в некоторых случаях такой подход позволяет моделировать части линий, модели которых до сих пор не созданы. Примером последнего высказывания может служить модель двух параллельно функционирующих ТЯ, работа которых описывается суперпозицией двух альтернирующих процессов восстановления [1].

В отличие от известной из литературы [2] модели ТЯ с необесценивающими отказами, в данной статье рассматривается имитационная модель ТЯ с обесценивающими отказами [3].

© Заморёнов М.В., Копп В.Я., Заморёнова Д.В., 2010

Следует отметить, что иногда целесообразно учитывать различные виды отказов ТЯ, то есть описывать их не интегрировано, а дифференцированно, с учетом специфики каждого из них [4,5]. Кроме этого, довольно часто возникают ситуации, когда необходимо учитывать другие виды простоев ТЯ, вызванные, например, переналадкой их на выпуск другого вида продукции, профилактическим обслуживанием и т.д. Поэтому, в ряде случаев, целесообразно говорить не об отказах ТЯ, а использовать более общий термин «простой».

Учет специфики простоев АПС, включая переналадки, является одним из основных моментов, позволяющих повысить производительность.

Резервы повышения производительности и надежности АПС путем сокращения времени простоев оценивают с помощью баланса производительности, который учитывает все факторы ее определяющие.

ТЯ можно рассматривать как дискретную стохастическую систему с постоянной структурой. Любая подобная система неизбежно испытывает различные возмущения, источниками которых могут быть либо внешние воздействия, обусловленные случайными или систематическими изменениями окружающих условий, либо внутренние флуктуации, возникающие в самой системе в результате взаимодействия элементов. При исследовании эти системы обычно представляются в виде стохастических моделей дискретных процессов. Несмотря на успешное применение методов аналитического моделирования, достаточно эффективным методом исследования таких систем остается имитационное моделирование на ЭВМ с применением специализированных систем.

Система GPSS предоставляет пользователю законченную высокоуровневую информационную технологию создания имитационных моделей. В этой системе имеются средства формализованного описания параллельных дискретных процессов в виде условных графических изображений или с помощью операторов собственного языка. Координация процессов осуществляется автоматически в едином модельном времени. Пользователь в случае необходимости может ввести свои правила синхронизации событий. Имеются средства управления моделью, динамической отладки и автоматизации обработки результатов. В языке GPSS предусмотрены различные виды объектов, испо-

льзуемых при моделировании дискретных систем: сообщения, устройства, многоканальные устройства, очереди и т.д.

При построении ИМ для ТЯ с обесценивающими отказами предполагается, что время обслуживания единицы продукции, время безотказной работы, время восстановления ТЯ $(\alpha_1, \alpha_2, \beta_2)$ являются независимыми СВ, имеющими конечные математические ожидания и дисперсии; у ФР $F_1(t), F_2(t), G_2(t)$ существуют плотности $f_1(t), f_2(t), g_2(t)$. При отказе ТЯ обслуживание единицы продукции прерывается, после восстановления ее работоспособности прерванное обслуживание единицы продукции начинается сначала.

Законы распределения времени обслуживания единицы продукции, наработки на отказ и восстановления ячейки полагаются обобщенными Эрланга второго порядка.

Время моделирования принимается 100000 часов, единица модельного времени – 1 сек.

При реализации данной задачи была использована система имитационного моделирования GPSS World Student version 5.2.2.

Было осуществлено 54 эксперимента по имитационной модели и получены значения производительности ТЯ. Исходными данными для моделирования служили математические ожидания времен обслуживания, наработки на отказ и восстановления ТЯ. Предполагалось, что все случайные величины (СВ) распределены по обобщенному закону Эрланга второго порядка, плотность распределения которого имеет вид:

$$f(t) = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} [e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}],$$

где λ_1, λ_2 – параметры закона, определяемые методом моментов из системы уравнений

$$\begin{cases} \tilde{m} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2} \\ \tilde{D} = \frac{(\lambda_1)^2 + (\lambda_2)^2}{(\lambda_1 \lambda_2)^2} \end{cases}$$

при этом, в связи с недостатком опытных данных (известны только средние значения \tilde{m}), дисперсии определялись как минимально возможные при заданных математических ожиданиях и ограничении

$$\frac{\tilde{m}^2}{2} < \tilde{D} < \tilde{m}^2.$$

Полученные результаты сравнивались с результатами аналитического моделирования.

Текст программы, приведенный ниже, снабжен комментариями и дополнительных пояснений не требует.

```

*****
GPSS World File – Имитационная модель ТЯ. Единица модел. времени – 1с
*****
generate ,,1                ; генерация одного транзакта
// сегмент моделирующий обслуживание продукции технологической
// ячейкой
met1 seize dev1             ; занятие устройства Dev1
// в следующих 2-х блоках моделируется время обслуживания,
//распределенное по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка
advance (Exponential(1,0,1419.6))
advance (Exponential(1,0,380.4))
release dev1                ; освобождение устройства Dev1
met2 split 1,met1           ; создание копии транзакта и
; отправка его на устройство Dev1
terminate                    ; транзакт покидает модель
// сегмент моделирующий времена наработки на отказ и восстановления
// технологической ячейки
// в следующем блоке моделируется время наработки на отказ,
//распределенное по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка
generate ((Exponential(1,0,8517.7))+(Exponential(1,0,2282.3)))
seize otk1                  ; занятие устройства Otk1,
; моделирующее отказ ячейки
funavail dev1,re,met2       ; устройство Dev1 блокируется, а
; занимающая его заявка удаляется
// в следующих 2-х блоках моделируется время восстановления,
//распределенное по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка
advance (Exponential(1,0,851.77)) ;
advance (Exponential(1,0,228.23)) ;
release otk1                ; освобождение устройства Otk1 –
; выход ячейки из отказа
favail dev1                 ; разблокировка устройства Dev1

```

terminate ; удаление транзакта из модели
 // сегмент таймера определяющий длительность моделирования (100000 ч)
 generate 360000000 ;
 terminate 1 ;
 start 1 ; запуск моделирования

Сравнительные результаты имитационного и аналитического моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение результатов аналитического и имитационного моделирования процесса функционирования ТЯ

M_{OB}	M_{OT}	M_B	Π_{HOB}	Π_{OB}	Π_{IM}	∂_{HOB}	∂_{OB}	$(\partial_{HOB} - \partial_{OB})$
0,2	2	0,2	4,57	4,49	4,4	0,0372	0,020	0,017505
		0,3	4,39	4,29	4,16	0,0524	0,0303	0,022779
		0,4	4,22	4,12	3,93	0,0687	0,0461	0,023697
	4	0,2	4,77	4,73	4,7	0,0147	0,0063	0,008386
		0,3	4,66	4,62	4,58	0,0172	0,0087	0,008584
		0,4	4,56	4,52	4,44	0,0263	0,0177	0,008772
	6	0,2	4,84	4,82	4,8	0,0083	0,0041	0,004132
		0,3	4,77	4,74	4,72	0,0105	0,0042	0,006289
		0,4	4,7	4,67	4,63	0,0149	0,0086	0,006383
0,4	2	0,2	2,3	2,222	2,16	0,061	0,028	0,033913
		0,3	2,211	2,125	2,04	0,077	0,04	0,038896
		0,4	2,129	2,036	1,92	0,098	0,057	0,043682
	4	0,2	2,39	2,35	2,33	0,025	0,0085	0,016736
		0,3	2,34	2,3	2,27	0,03	0,013	0,017094
		0,4	2,29	2,25	2,21	0,035	0,0178	0,017467
	6	0,2	2,423	2,401	2,39	0,014	0,0046	0,00908
		0,3	2,387	2,363	2,35	0,016	0,0055	0,010054
		0,4	2,351	2,326	2,3	0,022	0,011	0,010634

M_{OB}	M_{OT}	M_B	Π_{HOB}	Π_{OB}	Π_{IM}	∂_{HOB}	∂_{OB}	$(\partial_{HOB} - \partial_{OB})$
0,6	2	0,2	1,538	1,465	1,415	0,08	0,0341	0,047464
		0,3	1,482	1,401	1,34	0,096	0,0435	0,054656
		0,4	1,429	1,343	1,259	0,119	0,0625	0,060182
	4	0,2	1,595	1,56	1,536	0,037	0,0154	0,021944
		0,3	1,562	1,524	1,498	0,041	0,017	0,024328
		0,4	1,53	1,489	1,454	0,05	0,0235	0,026797
	6	0,2	1,617	1,595	1,582	0,022	0,0082	0,013605
		0,3	1,593	1,569	1,554	0,024	0,0096	0,015066
		0,4	1,57	1,545	1,525	0,029	0,0129	0,015924
1	2	0,2	0,927	0,861	0,821	0,0465	0,114	0,071197
		0,3	0,895	0,824	0,779	0,0546	0,13	0,07933
		0,4	0,864	0,789	0,736	0,067	0,148	0,086806
	4	0,2	0,96	0,926	0,906	0,022	0,055	0,034411
		0,3	0,94	0,904	0,88	0,0266	0,064	0,038298
		0,4	0,922	0,884	0,856	0,0317	0,072	0,041215
	6	0,2	0,971	0,949	0,941	0,0084	0,031	0,022657
		0,3	0,958	0,934	0,922	0,0128	0,038	0,025052
		0,4	0,944	0,92	0,904	0,0174	0,042	0,025424

Обозначения в таблице 1:

M_{OB} – математическое ожидание времени обслуживания; M_{OT} – математическое ожидание времени наработки на отказ; M_B – математическое ожидание времени восстановления; Π_{HOB} – производительность аналитической модели ТЯ с учетом необесценивающих отказов; Π_{OB} – производительность аналитической модели ТЯ с учетом обесценивающих отказов; Π_{IM} – производительность имитационной модели ТЯ с учетом обесценивающих отказов; ∂_{OB} – относительная погрешность аналитической модели ТЯ с учетом обесценивающих отказов; ∂_{HOB} – относительная погрешность аналитической модели ТЯ с учетом необесценивающих отказов; $(\partial_{HOB} - \partial_{OB})$ – разница между относительными погрешностями аналитических моделей.

Средняя относительная погрешность аналитической модели ТЯ

с учетом обесценивающих отказов составила 2,6 %, а необесценивающих – 5,99 %, что показывает целесообразность использования первой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королюк В.С. Процессы марковского восстановления в задачах надежности систем / В.С. Королюк, А.Ф. Турбин. – Киев : Наук. Думка, 1982. – 236 с.
2. Kopp W. Ja. Wydajnosć modulu systemu montazowego z uwzględnieniem jego niezawodności / W. Ja. Kopp, Ju. E. Obrzerin, A. G. Kolbasnikow // Technologia i automatyzacja montażu, kwartalnik naukowo-techniczny. - Warszawa, 1996.-Ns2.-С.7-10.
3. Математическая модель функционирования сборочной ячейки при обесценивающих отказах / Ю.Е. Обжерин, В.Я. Копп, А.И. Песчанский // Оптимизация производственных: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2000. №3. – С. 24-32.
4. Копп В.Я. Анализ производительности технологической ячейки с учётом её надежности и различных видов отказов / В.Я. Копп, Ю.Е. Обжерин, И.В. Янчук // Сб. науч. трудов Вестник СевГТУ «Автоматизация процессов и управление», Севастополь: изд-во СевГТУ, 2000. - №27, С.107-113.
5. Анализ производительности гибкой производственной ячейки с различными обесценивающими простоями / В.Я. Копп Ю.Е. Обжерин, М.В. Ольшанская, М.В. Заморёнов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 3(56). – Том1. – Дніпропетровськ, 2008. С.24-32.