

УДК 681.5.09

**А.И. Балакин, ст. преподаватель,
В.Я. Копп, д-р техн. наук, профессор,
М.В. Заморёнов, ассистент**

Севастопольский национальный технический университет
ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053
E-mail: lehaba@rambler.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА С ВОЗВРАТОМ ПРОДУКЦИИ НА ПОВТОРНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Рассматриваются вопросы, связанные с моделированием автоматизированных производственных систем, реализующих технологические процессы, требующие возврата продукции на повторное обслуживание. Построена марковская модель позволяющая, определять производительность автоматизированного участка с возвратом продукции, а также имитационная модель его работы. Для обеих моделей приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: автоматизированный участок, марковская модель, имитационное моделирование.

Анализ литературных источников, например [1], показывает, что во многих случаях структура автоматизированных участков включает в себя контролирующие устройства, которые производят контроль и сортировку изделий. Если обнаруживается исправимый брак, то изделие по обратной связи отправляется на ячейку для его исправления. Это позволяет уменьшить количество бракованных изделий на выходе линии.

Построим марковскую модель автоматизированного участка с обратной связью, структурная схема которого изображена на рисунке 1.

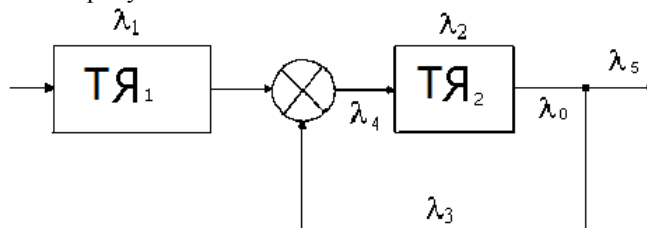


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированного участка с возвратом продукции

Обозначения принятые на рисунке следующие λ_1 , λ_2 — интенсивность обслуживания первой и второй ячеек соответственно, λ_3 — интенсивность потока поступающего по каналу обратной связи, λ_4 — интенсивность суммарного потока на входе второй ячейки, λ_5 — интенсивность разряженного потока.

Цель статьи: при известных интенсивностях потоков восстановления, потоков отказа, временах обслуживания на каждой ТЯ, а также вероятности p того, что изделие окажется годным на выходе ТЯ определить производительность автоматизированного участка с возвратом продукции.

При решении поставленной задачи предполагается, что технологические ячейки (ТЯ) имеют датчики, информирующие систему управления об окончании обработки изделия на ТЯ. При обнаружении брака на выходе второй ТЯ изделие отправляется на повторную обработку по линии обратной связи. Также предполагается, что на вход автоматизированного участка изделия постоянно поступают, с выхода выпускаются после завершения очередного цикла.

Моделирование автоматизированного участка будет строиться на базе итерационного процесса общий подход, которого подробно изложен в [2].

Решение задачи начнем с определения интенсивности обслуживания каждой ТЯ исходя из выражения:

$$\lambda_j = \frac{\mu_j}{t_j (\mu_j + \lambda_{отк j})}, \quad (1)$$

где λ_j — интенсивность обслуживания ячейки; μ_j — интенсивность потока восстановления; $\lambda_{отк j}$ — интенсивность потока отказов; t_j — время обслуживания ячейки; $j = (1, 2)$ — номер технологической ячейки.

Для построения марковской модели необходимо определить математическое ожидание суммарного потока на выходе второй ячейки. Оно определяется по формуле

$$M_{\alpha\Sigma} = M_{\alpha_1} + M_{\alpha_2} - M(\alpha_1 \wedge \alpha_2), \quad (2)$$

где M_{α_1} – математическое ожидание случайной величины α_1 ; M_{α_2} – математическое ожидание случайной величины α_2 ; $M(\alpha_1 \wedge \alpha_2)$ – математическое ожидание минимума; α_1, α_2 – времена обслуживания продукции на ТЯ₁ и ТЯ₂ соответственно.

Учитывая (1), а также, что $\lambda_{0i} = \frac{1}{M_{\alpha i}}$, выражение (2) можно представить в виде

$$M_{\alpha\Sigma} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2},$$

где i – номер итерации.

Тогда

$$\lambda_{0i} = \frac{1}{M_{\alpha\Sigma}}.$$

Остальные интенсивности для нулевой итерации определяются исходя из следующих выражений:

$$\lambda_{30} = \lambda_{00}(1-p), \quad \lambda_{40} = \lambda_1 + \lambda_{30}, \quad \lambda_{50} = \lambda_{00}p.$$

Математически алгоритм итерационной процедуры описывается формулами:

$$\lambda_{3i} = \lambda_{0i}(1-p), \quad \lambda_{4i} = \lambda_1 + \lambda_{3i}, \quad \lambda_{5i} = \lambda_{0i}p,$$

$$M_{\alpha\Sigma i} = \frac{1}{\lambda_{4i-1}} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_{4i-1} + \lambda_2}, \quad \lambda_{0i} = \frac{1}{M_{\alpha\Sigma}}.$$

При определении $M_{\alpha\Sigma i}$ значения λ_{4i-1} берутся из предыдущей итерации.

Организовав итерационный процесс с использованием приведенных выше формул, получим результаты, приведенные в таблице 1.

Для проверки адекватности аналитической модели автоматизированного участка, рассмотренного выше, построена имитационная модель (ИМ) данного участка. Имитационная модель реализована на языке GPSS.

При имитационном моделировании принимаются следующие допущения.

1. Продукция непрерывно подается на вход автоматизированного участка, а с его выхода постоянно убирается.

ИМ автоматизированного участка объединяет следующие типы сегментов:

1) сегмент 1, описывающий обслуживание продукции при ее прохождении через автоматизированный участок в соответствии с технологическим процессом;

2) сегмент 2, определяющий количество единиц продукции прошедших автоматизированный участок в процессе моделирования.

Опишем последовательно каждый сегмент.

Сегмент 1. Каждой единице продукции, поступающей на вход автоматизированного участка, соответствует транзакт. Источник единиц обслуживаемой продукции моделируется блоком GENERATE. Каждая ячейка моделируется таким объектом языка GPSS, как “устройство” (блок SIEZE имитирует занятие устройства транзактом, блок RELEASE – освобождение устройства занимавшим его транзактом), причем ячейки ТЯ_i в имитационной модели обозначены ASC_i. Задержка транзакта на время, равное времени обслуживания, имитируется блоками ADVANCE.

В модели предполагается проверка возможности продвижения транзакта перед каждым входом в блоки SIEZE, RELEASE.

Вход в блок SIEZE возможен, если i -е устройство свободно и в предыдущей ТЯ есть транзакт. Освобождение i -го устройства (RELEASE) возможно если следующая ТЯ не занята.

Для организации повторного обслуживания в случае обнаружения брака используется блок TRANSFER, который позволяет передавать транзакт с определенной вероятностью в другой блок модели.

Занятость технологических устройств проверяется при помощи блоков GATE.

Длительность процесса моделирования, определяется количеством единиц продукции обслуживаемом на автоматизированном участке.

Блок-диаграммы GPSS сегмента 1 показана на рисунке 2.

При моделировании автоматизированного участка предполагается следующее: времена обслуживания ТЯ распределены по экспоненциальному закону.

Для оценки адекватности аналитической модели проводился машинный эксперимент.

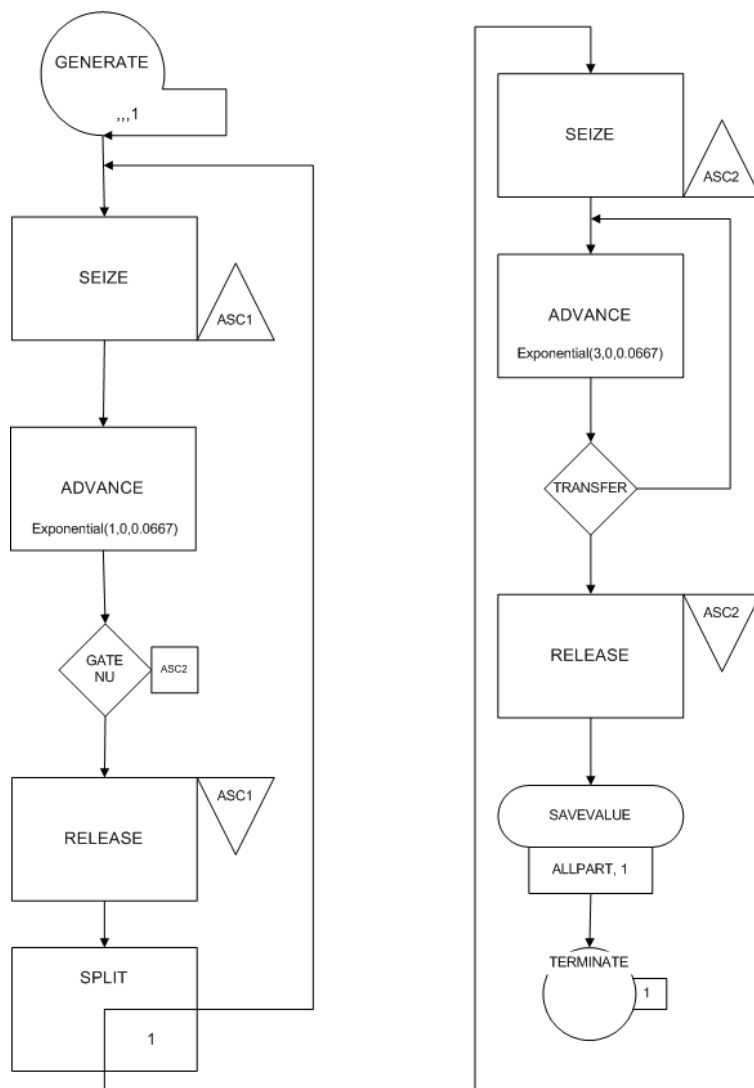


Рисунок 2 – Блок-схема сегмента 1, описывающего обслуживание продукции проходящей через автоматизированный участок

Каждый эксперимент повторялся $n=30$ раз (в GPSS было задействовано соответствующее количество генераторов случайных чисел), поэтому для каждой точки факторного пространства были получены 30 значений отклика y .

После проведения машинного эксперимента производилась оценка среднего значения производительности автоматизированного участка.

Итоговые результаты оценки имитационных экспериментов и аналитических исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 — Результаты проведенных исследований для марковской модели

P		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99
λ_1	λ_2	λ_5	λ_5	λ_5	λ_5	λ_5	λ_5	λ_5
15	15	10 — значение λ_0 на нулевой итерации						
Аналитика		5,755	6,744	7,666	8,518	9,29	9,657	9,933
Имитация		6,406	7,372	8,127	8,79	9,407	9,672	9,861
Значение λ_5 без обратной связи		5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	9,5	9,9

Продолжение таблицы 1

15	37,5	13,4615 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		9,821	10,951	11,842	12,531	13,059	13,273
Имитация		11,018	11,885	12,408	12,769	13,108	13,263
Значение λ_5 без обратной связи		6,7308	8,0769	9,4231	10,7692	12,1154	12,7884
15	60	14,2857 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		11,763	12,679	13,316	13,758	14,067	14,185
Имитация		12,794	13,424	13,715	13,864	14,061	14,147
Значение λ_5 без обратной связи		7,1429	8,5714	10,0	11,4286	12,8571	13,5714
37,5	15	13,4615 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		6,911	8,255	9,584	10,896	12,189	12,828
Имитация		7,234	8,614	9,855	11,056	12,245	12,802
Значение λ_5 без обратной связи		6,73075	8,0769	9,4231	10,7692	12,1154	12,7884
37,5	37,5	25,0000 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		14,387	16,860	19,165	21,294	23,240	24,143
Имитация		16,004	18,418	20,303	21,960	23,501	24,163
Значение λ_5 без обратной связи		12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	23,75
37,5	60	30,2326 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		19,479	22,342	24,830	26,956	28,745	29,524
Имитация		22,035	24,550	26,311	27,716	28,974	29,521
Значение λ_5 без обратной связи		15,1163	18,1396	21,1628	24,1861	27,2093	28,7209
60	15	14,2857 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		7,207	8,634	10,056	11,473	12,883	13,585
Имитация		7,371	8,835	10,186	11,529	12,874	13,519
Значение λ_5 без обратной связи		7,1429	8,5714	10,0	11,4285	12,8571	13,5714
60	37,5	30,2326 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		16,128	19,144	22,072	24,902	27,625	28,944
Имитация		17,375	20,447	23,067	25,513	27,866	28,930
Значение λ_5 без обратной связи		15,1163	18,1396	21,1628	24,1861	27,2093	28,7209
60	60	40 — значение λ_0 на нулевой итерации					
Аналитика		23,020	26,975	30,664	34,071	37,184	38,630
Имитация		25,587	29,445	32,461	35,110	37,574	38,632
Значение λ_5 без обратной связи		20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	38,0

Сравнение результатов имитационного и аналитического моделирования показывает, что производительность автоматизированного участка, определенная по аналитической модели, отличается от имитационного моделирования не более чем на 6 %.

Полученные данные показывают хорошее совпадение результатов аналитического и имитационного моделирования в исследованной области значений параметров, подтверждая адекватность аналитической модели автоматизированного участка.

Следующим этапом исследований предполагается рассмотреть структуру, содержащую ячейку предназначенную для устранения брака в отличие от рассмотренного варианта, при котором предполагалось, что при повторном обслуживании брак автоматически исправляется, что и составит предмет дальнейших исследований.

Библиографический список использованной литературы

1. Меткин Н.П. Технологическая подготовка гибких автоматизированных сборочно-монтажных производств в машиностроении / Н.П. Меткин, М.С. Лапин, В.И. Гольц. — Л.: Машиностроение, 1986. — 192 с.

2. Пашков Е. В. Транспортно-накопительные системы в сборочном производстве / Е.В. Пашков, В.Я. Копп, А.Г. Карлов. — К.: Изд-во УМК ВО, 1992. — 536 с.

Поступила в редакцию 01.07.2011 г.

Балакін О.І., Копп В.Я., Заморьонов М.В. Моделювання автоматизованої ділянки з поверненням продукції на повторне обслуговування

Розглядаються питання, пов'язані з моделюванням автоматизованих виробничих систем, які реалізують технологічні процеси, що вимагають повернення продукції на повторне обслуговування. Побудована марківська модель, що дозволяє визначати продуктивність автоматизованої ділянки з поверненням продукції, а також імітаційна модель її роботи. Для обох моделей наведені результати моделювання.

Ключові слова: автоматизована ділянка, марківська модель, імітаційне моделювання.

Balakin A.I., Kopp V.Ya., Zamoryonov M.V. Modeling the automated module with production return on repeated service

The questions connected with modeling the automated industrial systems when realizing the technological processes demanding return of production on repeated service are considered. The Markovian model, which allows for defining productivity of the automated module with production return and a simulation model of its work are developed. For both models results of modeling are obtained.

Keywords: automated area, Markovian model, imitation modeling.