

Министерство образования Украины
Севастопольский Государственный технический университет

На правах рукописи

МАЩЕНКО Елена Николаевна

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИНХРОННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ БЛОКИРОВОК

Специальность: 05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств

· АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Севастополь - 1997



00750912 (O)

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена в Севастопольском Государственном
техническом университете

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор Обжерин Юрий Евгеньевич

доктор технических наук, профессор Копп Вадим Яковлевич

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук,

профессор

Пряшников Федор Дмитриевич

2. Кандидат технических наук,

доцент

Мозолевская Татьяна Викторовна

Ведущая организация - Научно - производственное предприятие

"Оргтехавтоматизация" (г.Симферополь)

Защита состоится 19 июня 1997 г. в 14.30 часов на
заседании специализированного совета Д 11.03.01 в Севасто-
польском Государственном техническом университете по адресу:
335053, г.Севастополь, Стрелецкая бухта, студгородок.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан 16 мая 1997 г.

Ученый секретарь специализированного

Совета, кандидат технических наук,

доцент

А.Н. Шерешевский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблема повышения производительности производственных комплексов является одной из важнейших в теории автоматизированных производственных систем. При проектировании и эксплуатации автоматизированных линий (АЛ) необходимо решать задачу обеспечения оптимальной либо заданной производительности линии. Решение задач оптимизации АЛ возможно только на основе математических моделей их функционирования.

Вопросы создания автоматизированных производственных систем базируются на теории автоматических линий, большой вклад в развитие которой внесли работы Владзиевского А.П., Волчкевича Л.И., Дашенко А.И., Катковника В.Я., Клусова И.А., Лебедевского М.В., Рабиновича А.Н., Султан-Заде Н.М., Черпакова Б.И., Ямпольского Л.С., Джао Д.Д., Хегинботамы У.В., и др. Дальнейшее развитие теории автоматизированных производственных систем базируется на теории надежности, марковских и полумарковских процессов, сетей массового обслуживания и других областей науки, касающихся различных аспектов анализа и синтеза сложных систем. Указанные вопросы нашли отражение в работах Гнеденко Б.В., Королюка В.С., Северцева Н.А., Пронникова А.С., Ушакова И.А., Гордона В.Дж., Клейнрока Л. и др. Следует отметить, что ввиду сложности и специфичности производственных систем применение к ним указанных аппаратов исследований вызывает значительные затруднения, а отказ от учета особенностей функционирования производственных систем приводит к значительным ошибкам в моделировании. Ввиду высокой производительности АЛ даже незначительные погрешности в ее прогнозе могут привести к крупным

ошибкам при определении объема выпуска продукции, а также затраченных для этого средств. Следовательно, на первый план выходит проблема повышения точности расчетов АЛ, в частности, синхронного типа, на основе совершенствования методов математического анализа указанных объектов. Таким образом, проблема анализа производительности синхронных автоматизированных производственных систем с учетом блокировок является актуальной в теоретическом и практическом плане, ее решение позволит повысить эффективность современных автоматизированных производственных систем синхронного типа. Это и составляет содержание настоящей диссертации.

В ней в качестве основы моделирования автоматизированных производственных синхронных систем используется аппарат теории полумарковских процессов (ПМП) с общим фазовым пространством. Этот математический аппарат позволяет отказаться от ряда допущений, присущих существующим моделям автоматизированных линий, в частности, от предположений об экспоненциальном распределении времен обслуживания продукции на элементах линии и независимости их функционирования.

Объектом исследования в диссертации являются синхронные автоматизированные производственные системы.

Целью диссертации является повышение производительности автоматизированных производственных синхронных систем на базе построения математических моделей и последующей параметрической и структурной оптимизации указанных систем.

Для достижения поставленной цели в диссертации сформулированы и решены следующие взаимосвязанные задачи.

1. Формализация постановки задачи математического опи-

сания функционирования синхронной автоматизированной линии.

2. Разработка математической модели функционирования технологической ячейки (ТЯ) с учетом ее надежности.

3. Разработка математических моделей функционирования синхронной автоматизированной линии.

4. Определение минимального прироста производительности технологических ячеек для обеспечения заданной производительности линии.

5. Определение оптимального числа ТЯ для обеспечения максимальной производительности линии.

6. Проверка адекватности полученных математических моделей на основе результатов экспериментальных исследований и имитационного моделирования синхронной АЛ.

7. Разработка на базе построенных в диссертации математических моделей структуры и принципов реализации диалоговой программной системы анализа и оптимизации синхронных АЛ.

Методы исследования. В работе в качестве основы исследования автоматизированных синхронных систем применяется аппарат теории ПМІ с общим фазовым пространством. Кроме того, в работе используются методы теории интегральных уравнений, теории восстановления, математической теории надежности, математической статистики, математического анализа, интегральных преобразований, имитационного моделирования.

Научная новизна. Все основные теоретические результаты диссертационной работы являются новыми научными фактами. Их новизна состоит в следующем:

1. Предложен метод математического моделирования синхронных автоматизированных производственных систем, учитывающий случайный характер параметров функционирования подобных

систем и взаимовлияние составляющих их элементов (блокировки) и позволяющий определять основные характеристики функционирования.

2. Построена математическая модель функционирования технологической ячейки с учетом ее надежности, которая позволяет определить производительность ячейки с учетом ее отказов и восстановлений.

3. Созданы математические модели функционирования синхронных автоматизированных производственных систем, позволяющие определять их основные характеристики с учетом блокировок, в том числе производительность.

4. Решены оптимизационные задачи, связанные с обеспечением максимальной и заданной производительности синхронных автоматизированных производственных систем.

Практическая ценность и реализация работы состоит в следующем:

1. На основе построенной математической модели функционирования технологической ячейки с учетом ее надежности получены замкнутые аналитические выражения для функции распределения, математического ожидания и дисперсии производительности ячейки с учетом ее отказов и восстановлений.

2. На основе разработанных математических моделей получены замкнутые аналитические выражения для производительности и других характеристик функционирования синхронных автоматизированных систем, включая функции распределения и дисперсии некоторых характеристик, что позволяет использовать полученные теоретические результаты не только при проектировании и эксплуатации синхронных АЛ, но и при создании моделей автоматизированного производства в целом. Кроме того,

выражения обладают достаточной общностью и могут быть использованы при проектировании широкого класса синхронных систем (систем обработки информации, средств связи и пр).

3. Предложены методики решения следующих оптимизационных задач: 1) определение минимально необходимого прироста производительности элементов для обеспечения заданной производительности линии; 2) определение оптимального числа элементов для обеспечения максимальной производительности линии.

4. Разработаны структура, принципы реализации и программные модули диалоговой программной системы (ДПС), предназначенной для проектирования синхронных автоматизированных производственных систем. ДПС построена с учетом возможности сбора данных в условиях производства, необходимых для выполнения расчетов, и является открытой для включения в нее новых моделей.

Результаты работы внедрены на: научно - производственном предприятии "Оргтехавтоматизация" (г. Симферополь), Мелитопольском моторном заводе (г. Мелитополь). Ряд теоретических положений использован в учебном процессе. Годовой экономический эффект, полученный при внедрении результатов диссертации, составил 46.3 тыс. руб. в ценах до 1991 года.

На защиту выносятся следующие результаты:

1. Метод математического моделирования автоматизированных производственных синхронных систем.
2. Математическая модель функционирования технологической ячейки с учетом ее надежности.
3. Математические модели функционирования автоматизированных производственных синхронных систем.

4. Методики решения задач оптимизации автоматизированных производственных синхронных систем.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: научной конференции "Бизнес, туризм, наука", Севастополь, 1994; международной школе - семинаре "Проблемные вопросы автоматизации", Севастополь, 1995; международной конференции "Проблемные вопросы автоматизации", Севастополь, 1996, научной конференции "Автоматика-96", СевГУ; семинарах департаментов высшей математики, автоматизации технологических процессов и производств.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, тезисы докладов на международных и республиканских конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 95 наименований, и приложений. Основной текст диссертации занимает 120 стр. Работа содержит 30 рис. и 6 табл.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы и излагается перечень вопросов, исследованию которых посвящена диссертационная работа. Формулируется цель исследования.

Первая глава, являющаяся вводной, посвящена анализу структуры автоматизированного производства и методов его моделирования. Рассматриваются структура и элементы автоматизированного производства на примере сборочного производства. Производится анализ производительности автоматизированных систем и средств ее повышения. Приведен аналитический обзор исследований, посвященных расчету производительности автоматизированных производственных систем. Производится выбор и

обоснование класса моделей для расчета производительности автоматизированных производственных систем. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе рассматриваются математические модели автоматизированных синхронных производственных систем.

В разделе 2.1 осуществлена формализация постановки задачи математического описания функционирования синхронной автоматизированной линии.

В данной работе рассматриваются синхронные АЛ с жесткой межагрегатной связью (межоперационные накопители отсутствуют), в которых продукция со всех элементов передается на последующие одновременно. Отметим, что модели, приводимые ниже, пригодны для синхронных участков линий с комбинированной межагрегатной связью. В качестве стратегии управления линией используется стратегия рефлекторного управления. Предполагается, что все элементы линии содержат датчики, информирующие систему управления об окончании обслуживания продукции на элементе (в технологической ячейке). В момент времени, когда обслуживание закончено на всех элементах, осуществляется передача продукции с предыдущих элементов на последующие.

Рассмотрим n -компонентную синхронную линию. Времена обработки изделия в технологических ячейках $TЯ_i$, $i=1, n$ -случайные величины (СВ) α_i с произвольными законами распределения $F_i(t) = P\{\alpha_i < t\}$. СВ α_i предполагаются независимыми, имеющими конечные математические ожидания и дисперсии; у ФР $F_i(t)$ существуют плотности $f_i(t)$.

Линия функционирует следующим образом: происходит последовательная обработка изделия сначала $TЯ_1$, затем $TЯ_2, \dots$,

ТЯ_n. Каждая ячейка может находиться в двух состояниях: рабочем (происходит обслуживание изделия) и нерабочем (отключение из-за блокировки). На вход линии изделия постоянно поступают, с выхода постоянно удаляются. Считается, что транспортировка изделия от ячейки к ячейке по окончании цикла происходит мгновенно.

Под блокировками в синхронной линии понимается взаимовлияние ее элементов, состоящее в их отключении после окончания обслуживания продукции на них до момента времени, когда обслуживание продукции завершится на всех элементах. Только в этом случае возможна передача продукции с предыдущих элементов на последующие - начало нового цикла функционирования синхронной линии.

Для анализа функционирования линии строится математическая модель на основе теории полумарковских процессов (ПМП) с общим фазовым пространством. По известным функциям распределения времен обслуживания изделия в каждой из ТЯ необходимо определить производительность и другие характеристики функционирования линии, а именно: среднее время блокировки ТЯ, среднее число блокировок каждой ячейки, среднее время работы до блокировки, а также коэффициент готовности (вероятность того, что ячейка не заблокирована).

Для решения этой задачи предварительно необходимо решить несколько взаимосвязанных подзадач.

1. Разработка математической модели функционирования технологической ячейки (ТЯ) с учетом ее надежности.

2. Определение характеристик времени прохождения изделия (времени обслуживания одного изделия) синхронной АЛ, его математического ожидания и дисперсии.

3. Определение производительности линии и других характеристик ее функционирования.

При анализе этих задач был выработан общий подход к их решению на основе теории полумарковских процессов (ПМП) с общим фазовым пространством. Этот подход изложен в разделе 2.1.

В разделе 2.2 построена математическая модель функционирования технологической ячейки с учетом ее надежности.

Опишем функционирование рассматриваемой технологической ячейки. Время обслуживания единицы продукции ТЯ - случайная величина α_1 с функцией распределения $F_1(t) = P\{\alpha_1 < t\}$. Время безотказной работы ТЯ - СВ α_2 с ФР $F_2(t) = P\{\alpha_2 < t\}$, время восстановления ТЯ - СВ β_2 с ФР $G_2(t) = P\{\beta_2 < t\}$. СВ $\alpha_1, \alpha_2, \beta_2$ предполагаются независимыми, 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 обслуживание продукции продолжается с учетом прерванного обслуживания.

Необходимо определить ФР $F_\theta(t)$ СВ θ - времени цикла обслуживания единицы продукции ТЯ с учетом его отказов, а также математическое ожидание и дисперсию указанной СВ.

Указанные величины определяются следующими выражениями: Функция $\bar{F}_\theta(t) = 1 - F_\theta(t)$ имеет вид:

$$F_\theta(t) = \frac{1}{M\alpha_2} \left[M\alpha_2 F_1(t) + \int_0^t F_2(x) dx \int_x^t \bar{G}_2(t-y) f_1(y) dy + \right. \\ \left. + \int_0^t F_2(x) dx \sum_{n=1}^{\infty} \int_x^t F_2^{*(n)}(y-x) f_1(y) dy \int_y^t \bar{G}_2(s-y) g_2^{*(n)}(t-s) ds \right]. \quad (1)$$

Математическое ожидание (среднее время цикла ТЯ) определяется выражением:

$$M\theta = \frac{M\alpha_1 \cdot (M\alpha_2 + M\beta_2)}{M\alpha_2} \quad (2)$$

Следовательно, производительность ПТЯ технологической ячейки с учетом надежности определяется равенством:

$$ПТЯ = \frac{M\alpha_2}{M\alpha_1 \cdot (M\alpha_2 + M\beta_2)} \quad (3)$$

Дисперсия времени цикла ТЯ равна

$$D\theta = \left[1 + 2 \frac{M\beta_2}{M\alpha_2} \right] \cdot D\alpha_1 + \frac{M\alpha_1}{M\alpha_2} (D\beta_2 - M\beta_2^2) - \frac{M\alpha_1 \cdot M\beta_2}{M\alpha_2^2} + \\ + \frac{2 \cdot M\beta_2}{M\alpha_2} \int_0^{\infty} F_2(x) dx \int_0^{\infty} f_1(y+x) (H_2 * H_2)(y) dy, \quad (4)$$

где $H_2(x) = \sum_{n=1}^{\infty} F_2^{*(n)}(x)$ - функция восстановления.

Использование формулы (4) упрощается вследствие того, что функции восстановления $H_2(x)$ для ряда ФР известны.

В разделе 2.3.1. строится математическая модель для определения времени прохождения изделия (времени обработки одного изделия) двухкомпонентной синхронной автоматизированной линии, его математического ожидания и дисперсии. Показано, что математическое ожидание времени прохождения определяется равенством:

$$M\theta = M\alpha_1 + 2 \cdot M\alpha_2 - M(\alpha_1 \wedge \alpha_2), \quad (5)$$

где \wedge - знак минимума двух случайных величин.

Дисперсия времени прохождения двухкомпонентной линии равна:

$$D\theta = D\alpha_1 + 2 \cdot D\alpha_2 - D(\alpha_1 \wedge \alpha_2) - 2 \cdot [M(\alpha_1 \wedge \alpha_2)] + M\alpha_1 \cdot M\alpha_2 - \\ - M(\alpha_1 \wedge \alpha_2) (M\alpha_1 + 2 \cdot M\alpha_2). \quad (6)$$

В разделе 2.3.2. строится математическая модель функционирования двухкомпонентной синхронной автоматизированной линии. По известным функциям распределения времен обслуживания в каждой из ТЯ определяются производительность и другие характеристики функционирования линии, а именно: среднее время блокировки ТЯ, среднее число блокировок каждой ячейки, среднее время работы ТЯ с учетом блокировок, а также коэффициент готовности (вероятность того, что ячейка не заблокирована).

Производительность линии Π_L равна:

$$\Pi_L = [M\alpha_1 + M\alpha_2 - M(\alpha_1 \sim \alpha_2)]^{-1} \quad (7)$$

Средние времена блокировок ячеек определяются выражениями:

$$T_6^1 = \frac{M\alpha_2 - M(\alpha_1 \sim \alpha_2)}{P\{\alpha_1 < \alpha_2\}}, \quad T_6^2 = \frac{M\alpha_1 - M(\alpha_1 \sim \alpha_2)}{P\{\alpha_2 < \alpha_1\}} \quad (8)$$

В разделе 2.3.3. рассматривается многокомпонентная синхронная автоматизированная линия. По известным функциям распределения времен обслуживания в каждой из ТЯ определяются те же характеристики, что и в случае двухкомпонентной линии.

Производительность линии Π_L равна:

$$\Pi_L = \left[\sum_{l=1}^n M\alpha_l - \sum_{1 < l_1 < l_2 < n} M(\alpha_{l_1} \sim \alpha_{l_2}) + \sum_{1 < l_1 < l_2 < l_3 < n} M(\alpha_{l_1} \sim \alpha_{l_2} \sim \alpha_{l_3}) - \dots + (-1)^{n-1} M(\alpha_1 \sim \alpha_2 \sim \dots \sim \alpha_n) \right]^{-1} \quad (9)$$

Среднее время блокировки i -й ячейки определяется выражением:

$$T_6^i = \left[\sum_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n M\alpha_l - \sum_{1 < l_1 < l_2 < n} M(\alpha_{l_1} \sim \alpha_{l_2}) + \sum_{1 < l_1 < l_2 < l_3 < n} M(\alpha_{l_1} \sim \alpha_{l_2} \sim \alpha_{l_3}) - \dots + (-1)^{n-1} M(\alpha_1 \sim \alpha_2 \sim \dots \sim \alpha_n) \right]^{-1} / A, \quad (10)$$

$$\text{где } A = \left[\begin{array}{l} \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n P\{\alpha_i < \alpha_l\} - \sum_{\substack{1 < l_1 < l_2 < n, \\ l_1, l_2 \neq i}} P\{\alpha_i < \alpha_{l_1} \sim \alpha_{l_2}\} + \\ + \sum_{\substack{1 < l_1 < l_2 < l_3 < n, \\ l_1, l_2, l_3 \neq i}} P\{\alpha_i < \alpha_{l_1} \sim \alpha_{l_2} \sim \alpha_{l_3}\} - \dots + (-1)^{n-1} P\{\alpha_i < \bigwedge_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n \alpha_l\} \end{array} \right].$$

Пример расчета производительности для систем с числом элементов $n = 2 \dots 5$ при равномерном распределении времен обслуживания заявки на элементах и равных производительностях элементов приведен на рис. 1. В таблице 1 приведены относительные погрешности расчета производительности синхронной линии без учета блокировок, а также отношения производительностей линии с учетом блокировок (P_c) и без учета блокировок (P_3) для числа элементов $n = 2 \dots 5$ при экспоненциальном и равномерном распределении времен обслуживания заявки на элементах и равных производительностях элементов. Параметры равномерного распределения подбирались таким образом, чтобы среднеквадратичное отклонение производительности составляло 10%. Как видно из таблицы, блокировки вызывают значительное снижение производительности синхронной линии, кроме того, вид закона распределения параметров производительности элементов оказывает существенное влияние на производительность линии - производительность линии при равномерном распределении несомненно выше.

Отметим следующие свойства рассматриваемых моделей:

1) Модели построены в предположении что СВ, определяющие функционирование системы, имеют распределения общего вида, что значительно расширяет возможности применения полученных результатов.

2) Характеристики производительности автоматизированных синхронных систем выражены в терминах математических ожида-

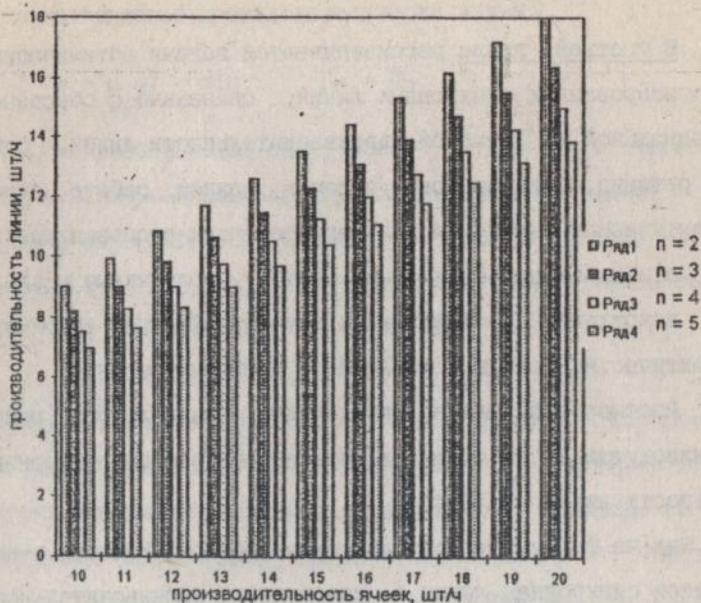


Рис. 1 Производительность n-компонентной синхронной линии

Таблица 1. Погрешности расчета производительности без учета блокировок.

	n	2	3	4	5
Эксп. распр.	б, %	50	83.3	108.3	128.3
Равн. распр.	б, %	11.1	22.2	33.3	44.4
Эксп. распр.	$\frac{P_c}{P_a}$	0.667	0.545	0.48	0.32
Равн. распр.	$\frac{P_c}{P_a}$	0.9	0.82	0.75	0.69

ний.

В третьей главе рассматриваются задачи оптимизации автоматизированных синхронных линий, связанные с обеспечением максимальной и заданной производительности линии. Основой для решения оптимизационных задач в данной работе являются аналитические выражения для характеристик производительности автоматизированных синхронных систем, полученные в главе 2. Для нахождения экстремальных значений функций используются аналитические методы и нелинейное программирование.

Рассмотрена задача определения минимального прироста производительности ячеек для обеспечения заданной производительности линии.

Задача формулируется следующим образом: Имеется n -компонентная синхронная линия с известными производительностями ячеек $\Pi_i = 1/M\alpha_i$, $i = \overline{1, n}$, где $M\alpha_i$ - среднее время обработки продукции в i -й ячейке, математическое ожидание СВ α_i с произвольным законом распределения $F_i(t) = P\{\alpha_i < t\}$.

Задан некоторый диапазон изменения производительностей ячеек Π_i : $\Pi_{i\min} < \Pi_i < \Pi_{i\max}$, $i = \overline{1, n}$ и соответствующий ему диапазон изменения коэффициентов роста этих производительностей

$$1 < \varphi_i < \varphi_{i\max}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{где } \varphi_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_{i\min}}.$$

Известна функциональная зависимость производительности линии от производительностей ячеек и вида их распределений:

$$\Pi_n = F(\Pi_1, F_1(t); \Pi_2, F_2(t); \dots; \Pi_n, F_n(t)).$$

Имеется некоторая заданная производительность Π_3 . Необходимо определить минимальный прирост производительности ячеек для

достижения заданной производительности линии:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i = \min, \quad \Pi_c = \Pi_3.$$

Рассмотрена задача определения оптимального числа ТЯ для обеспечения максимальной производительности линии.

Задача формулируется следующим образом: задано общее время обработки изделия, определяющееся суммой времен обработки в ТЯ и вспомогательных операций:

$$T_{об} = T_{тя} + T_{всп}.$$

Суммарное время обработки в ячейках постоянно и пропорционально числу ячеек k : $T_{тя} = k \cdot t_{тя}$, где $t_{тя}$ - среднее время обработки продукции в ячейке, математическое ожидание СВ α с произвольным законом распределения $F(t) = P\{\alpha < t\}$. Предполагается, что времена обработки продукции во всех ячейках одинаково распределены и имеют равные средние.

Время вспомогательных операций также пропорционально числу ячеек: $T_{всп} = k \cdot t_{всп}$, где $t_{всп}$ - время вспомогательных операций каждой ячейки.

Задан некоторый диапазон изменения числа ячеек (степени дифференциации операций): $k_{min} < k < k_{max}$.

Известна функциональная зависимость производительности линии от числа ячеек, производительностей ячеек, вида их распределений и времени вспомогательных операций:

$$\Pi_л = F(k; \Pi_{тя}, F_{тя}(t); T_{всп}).$$

Необходимо определить оптимальное число ячеек k_{opt} для достижения максимальной производительности линии.

Задачи решались с использованием пакетов Eureka и Mathcad методом прямого поиска. В диссертации приведены решения данных задач при различных значениях параметров и различных

законах их распределений.

В четвертой главе рассматриваются вопросы экспериментальных исследований и имитационного моделирования автоматизированных производственных синхронных систем.

На основе экспериментальных данных, собранных в производственных условиях на комплексной автоматизированной линии сборки двигателей МемЗ-45 и агрегатирования с коробкой передач на Мелитопольском моторном заводе, проведено сравнение теоретических и экспериментальных результатов, подтвердившее адекватность математической модели синхронной линии - погрешность расчетов составила не более 5%.

Описываются имитационные модели ТЯ и синхронной линии на языке GPSS, анализируются результаты моделирования. Результаты сравнения аналитического и имитационного моделирования для технологической ячейки и синхронных линий с различным числом ячеек подтверждают адекватность построенных математических моделей - погрешность расчетов составила не более 3%.

Представлена структура ДПС, обеспечивающей автоматизацию проектирования синхронных автоматизированных систем.

Приведены примеры использования полученных аналитических результатов для анализа конкретных синхронных АЛ.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в работе.

В приложениях представлены программы и результаты имитационного моделирования ТЯ и синхронных АЛ, акты внедрения результатов работы.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Общим итогом работы является создание метода математического моделирования автоматизированных синхронных систем, позволяющего повысить точность расчетов. Разработаны модели и получены аналитические выражения для расчета характеристик производительности указанных систем. Результаты работы состоят в следующем:

1. Осуществлена формализация постановки задачи математического описания функционирования синхронной автоматизированной линии при выбранной стратегии управления. Существенные особенности поставленной задачи следующие:

- учет блокировок элементов синхронной линии;
- случайный характер параметров производительности и надежности элементов (законы распределения этих величин являются произвольными).

2. Получены замкнутые аналитические выражения для функции распределения, математического ожидания и дисперсии времени цикла ячейки с учетом ее отказов и восстановлений, получена формула для определения ее производительности. Доказано, что среднее время цикла и средняя производительность ячейки с учетом надежности не зависят от вида закона распределения времени обслуживания единицы продукции, а также распределений времен наработки на отказ и восстановление.

3. Созданы математические модели функционирования синхронных автоматизированных производственных систем в виде замкнутых аналитических выражений для производительности, среднего времени блокировки элемента и других характеристик функционирования синхронных автоматизированных производственных систем.

Анализ полученных выражений позволил сделать вывод о необходимости учета блокировок, причем:

- вид закона распределения параметров производительности элементов оказывает существенное влияние на производительность линии;

- погрешность расчета производительности без учета блокировок значительно возрастает с увеличением числа элементов линии и при определенных условиях может достигать 100% и более;

4. Решена задача определения минимального прироста производительности ячеек для обеспечения заданной производительности линии.

5. Решена задача определения оптимального числа технологических ячеек для обеспечения максимальной производительности линии, что позволяет выбрать оптимальный вариант технологического процесса по степени дифференциации операций при проектировании синхронных линий. Производительность линии может быть повышена на 3-5%.

6. Для проверки теоретических положений работы и подтверждения их адекватности, используя данные пассивного эксперимента в производственных условиях, проведено сравнение теоретических и экспериментальных результатов (погрешность не превышает 5%), а также имитационное моделирование ТЯ и синхронных АЛ (погрешность не превышает 3%).

7. На базе построенных моделей разработана структура ДПС, обеспечивающей автоматизацию проектирования автоматизированных синхронных систем.

Разработанная методика анализа производительности синхронных линий позволяет исследовать значительно более широкий класс синхронных систем, чем рассмотрен в данной работе.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Машенко Е.Н., Карташов Л.Е. Анализ процесса функционирования автоматизированных производственных систем. В кн. Оптимизация производственных процессов.- Севастополь, Alliance Francaise, 1994.- Вып.2.-С.6-14.
2. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Карташов Л.Е., Машенко Е.Н. Надежностные параметры функционирования синхронных однопоточных автоматизированных линий. В кн. Оптимизация производственных процессов.- Севастополь: Alliance Francaise, 1994. - Вып. 2. - С.56-67.
3. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Машенко Е.Н., Карташов Л.Е. Модель производственной ячейки с технологическим накопителем В кн. Оптимизация производственных процессов.- Севастополь, Alliance Francaise.- 1995.- Вып. 3. - С. 18-32.
4. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Машенко Е.Н., Гапоненко Ю.В. Влияние блокировок на производительность автоматизированных производственных синхронных систем. В кн. Вестник СевГТУ.- Севастополь, 1995.- N 1.- С. 54-58.
5. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Машенко Е.Н., Карташов Л.Е. Подумарковская модель производственной ячейки, снабженной временным резервом. В кн. Вестник СевГТУ, Севастополь, 1995.- N 2. - С. 41-53.
6. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Машенко Е.Н. Производительность технического устройства с учетом надежности. В кн. Оптимизация производственных процессов.- Севастополь, Alliance Francaise. - 1996.- Вып. 4. - С. 3-8.
7. Копп В.Я., Обжерин Ю.Е., Машенко Е.Н., Доронина Ю.В. Расчет параметров автоматизированных производственных синхронных систем. В кн. Оптимизация производственных процессов.- Севастополь, Alliance Francaise.- 1996.- Вып. 4.- С. 9-15.

8. W. Kopp, A. Kolbasnikow, A. Karlow, E. Maszczenko. Wydajność modułu systemu montażowego z uwzględnieniem jego niezawodności // Technologia i automatyzacja montażu: Kwartalnic naukowo-techniczny.- Tekoma, Warszawa.- 1996.- Nr 2 (12).

9. В.Копп, Ю.Обжерин, Е.Машенко, Ю.Доронина. Метод расчета производительности синхронных автоматизированных линий // Информатизация и новые технологии.- N 1.-1996.- С.19 -21.

10. Машенко Е.Н., Копп В.Я., Обжерин Ю.Е. Анализ функционирования синхронных систем с блокировками. В кн. Вестник СевГТУ.- Севастополь, 1996.- N 3.- С. 129 - 134.

11. Скатков А.В., Машенко Е.Н. Принципы построения интерактивной модели для решения задач надежностного проектирования микропроцессорных систем// Сб. Научные труды факультета естеств. наук.- Вып. 1.- Севастополь, 1993.- С. 99-102.

12. Машенко Е.Н. Оценка влияния блокировок при моделировании автоматизированных сборочных синхронных линий // Автоматизация: проблемы, идеи, решения. Международный семинар. Сборник кратких содержания докладов.- Тула, 1996.- С. 55-56.

13. Машенко Е.Н. Расчет производительности автоматизированных синхронных линий с учетом блокировок // 3-я українська конференція з автоматичного керування "Автоматика-96".- Праці.- Том 1.- СевГТУ, 1996.- С. 164 - 165.

Мащенко О.М. Аналіз продуктивності синхронних автоматизованих виробничих систем з врахуванням блокіровок.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.13.07 - автоматизація технологічних процесів та виробництв. Севастопольський Державний технічний університет. Севастополь, 1996.

Захищається рукопис на базі 13 робіт, що містять результати досліджень проблеми продуктивності синхронних автоматизованих виробничих систем. За основу математичного моделювання взято апарат теорії напівмарковських процесів з загальним фазовим простіром. Побудовано моделі та знайдено характеристики продуктивності багатокomпонентної синхронної системи.

Machenko E.N. Analysis of synchronic automatic industrial systems productivity with calculation of blockading.

Candidat of technical science thesis, speciality 05.13.07 - the automation of technological processes and productions. Sevastopol State Technical University, Sevastopol, 1996.

The manuscript based on the 13 articles is defended. It contains the results of the investigations of the problem of synchronic automatic industrial systems productivity. Theory chain of semi-markovian processes with general phase space is used as the basis of mathematical modeling of this class. Models are built and characteristics of productivity of manycomponent synchronic system are found.

Ключеві слова: автоматизована синхронна система, реф-
лекторне керування, напівмарковський процес.

432446

АВ 38.111

Отпечатано ИПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика»

Зак. 11 тир. 100

Севастополь 335000, ул. Ленина, 28