

ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Сетлак Галина

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

05.13.07 - автоматизация технологических процессов  
и производств

05.13.16 - применение вычислительной техники,  
математического моделирования и математических методов  
в научных исследованиях

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ХАРЬКОВ - 1994



ЛНБ України ім. В. Стефаника



00810396 (R)

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена на кафедре автоматизированных систем управления Харьковского политехнического университета.

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
Кононенко Игорь Владимирович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Ястребенецкий Михаил Анисимович,  
доктор технических наук, профессор  
Федорович Олег Евгеньевич

Ведущая организация : Институт проблем машиностроения  
АН Украины

Защита состоится -26- мая 1994г. в 14 часов  
на заседании специализированного совета Д 068.39.02 в  
Харьковском политехническом университете (310002 г. Харьков-2,  
ГСП, ул. Фрунзе, 21 ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Харьковского политехнического университета.

Автореферат разослан -16- апреля 1994г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  Кизилев В. У.

AB - 29.7.80

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Коренные изменения экономических основ страны требуют разработки новых подходов и методов управления реформированным производством. В период экономической реформы и становления рыночных отношений задача выбора стратегии развития ставится перед каждым предприятием.

Оптимизация стратегии долгосрочного развития предприятия, функционирующего по законам рыночной экономики, является обязательным атрибутом современных методов планирования и управления.

Планирование развития производственных систем в условиях стремительно изменяющейся внешней среды, неопределенности и слабopедсказуемости будущего, является сложным, многоаспектным процессом. Для формирования оптимальных как стратегических, долгосрочных, так и оперативных планов развития производства необходимы автоматизированные системы поддержки принятия решений, которые, используя информацию, собранную в распределенных информационных системах, данные маркетингового анализа рынка, методы системного анализа и искусственный интеллект, повысят качество управления предприятием.

Эффективность выбранной стратегии развития производства в значительной степени определяется номенклатурой перспективной продукции. Поэтому основой плана развития производственной системы является рациональный план выпуска продукции, обеспечивающий ее конкурентоспособность на заданном рынке. При этом важны оценки технологических возможностей производства и мероприятий по повышению его эффективности. Применение для этих целей только аналитических моделей часто не дает требуемой адекватности описания. Адекватная оценка технологических возможностей может быть получена, как правило, при использовании алгоритмических и, в частности, имитационных моделей технологических систем. Наиболее

эффективным средством исследования при обосновании технических решений на всех этапах функционирования производственных систем, а также реконструкции и развития при переходе на производство новых изделий и к новым технологиям является использование моделей различных видов (аналитических, алгоритмических и других).

В данной диссертационной работе при решении задач планирования и управления развитием технологических систем для формирования перспективного плана выпуска продукции используются модели и алгоритмы оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий с учетом ограничений на производственную мощность технологической системы, выполнение которых может быть проверено с помощью моделей разных видов. В зависимости от необходимой степени детализации предлагается использовать аналитические или алгоритмические, детерминированные или стохастические модели технологических систем. В качестве основного математического аппарата для моделирования сложных многопродуктовых технологических систем применяются сети Петри и их расширения. При этом, для наиболее детального анализа функционирования исследуемого объекта и проведения экспериментов с имитационной моделью разработан алгоритм оперативно-календарного планирования и управления многопродуктовой параллельно-последовательной технологической системой (ТС) с промежуточным накопителем ограниченной емкости. Рациональное использование в алгоритме дискретной оптимизации моделей ТС различного вида позволило решать задачи с вложенной NP-трудностью за допустимое время.

Таким образом, представленная в работе задача разработки моделей и алгоритмов оптимизации перспективного плана развития технологических систем с использованием алгоритмического и имитационного моделирования является актуальной научной задачей, важной для автоматизации производства.

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмических моделей дискретных технологических систем для проверки

ограничений по производственной мощности в процессе решения задачи оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий и применение результатов работы для решения задачи оптимизации плана развития изделий и ТС завода электроприборов "ZELMER" в Жешове (Польша).

#### Задачи исследования.

1. Разработать алгоритмическую модель многопродуктовой параллельно-последовательной технологической системы с промежуточным накопителем ограниченной емкости, требующую при реализации малых затрат времени и памяти ЭВМ, предназначенную для расчета производственной мощности ТС при решении задач дискретной оптимизации.
2. Разработать и исследовать алгоритм составления расписания функционирования многопродуктовой параллельно-последовательной ТС с промежуточным накопителем ограниченной емкости.
3. Разработать алгоритм имитационного моделирования ТС.
4. Собрать исходную информацию и адаптировать модель для решения задачи оптимизации типажа изделий, выпускаемых заводом электроприборов "ZELMER".
5. Адаптировать алгоритм оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий для конкретного производства.
6. Решить реальную задачу и разработать рекомендации по развитию производства изделий.

Методы исследования. Исследования осуществлялись с использованием методов системного анализа, математического программирования, теории сетей Петри, теории случайных процессов, теории расписаний. Программная реализация разработанных алгоритмов выполнена на языке Turbo-Pascal на компьютере IBM-PC/386.

Научная новизна работы заключается в том, что :

- разработана модель многопродуктовой параллельно-последовательной ТС, содержащей промежуточные накопители ограниченной емкости, с использованием аппарата сетей Петри ;

- разработан и исследован алгоритм составления расписания работы многопродуктовой параллельно-последовательной ТС с промежуточным накопителем ограниченной емкости ;

- разработан алгоритм управления имитационной моделью ТС; модель реализует это расписание и используется при решении задачи оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий для оценки производственной мощности ТС;

- разработаны аналитические соотношения для выбора рациональной последовательности использования моделей различного вида в алгоритме оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий, что позволило решать NP-трудные задачи за допустимое время;

- разработан пакет прикладных программ, реализующий алгоритмы составления расписания загрузки оборудования ТС, проведения имитационных экспериментов, а также исследования и оценки разработанных алгоритмов .

Практическая ценность . Разработанные модели и алгоритмы позволяют формировать оптимальные перспективные планы выпуска и развития изделий дискретных производственных систем, учитывая при этом их технологические возможности, что важно как при стратегическом планировании развития производства, так и на всех последующих этапах его функционирования в составе современных интегрированных производственных систем. Разработанные в диссертационной работе модели и алгоритмы предназначены для практического использования в базе методов системы поддержки принятия решений , разрабатываемой для завода электроприборов " ZELMER " в Жешове (Польша).

Реализация и внедрение результатов работы . Результаты диссертационной работы были использованы для оптимизации типажа изделий завода электроприборов " ZELMER " в Жешове . Разработанная в работе имитационная модель ТС сборочного цеха, алгоритмы оперативно-календарного планирования , рекомендации по выбору перспективной стратегии развития производства изделий

приняты к внедрению Отделом Технического развития завода электроприборов " ZELMER " в Жешове.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных семинарах Института Прикладной Информатики Горнодобывающей Академии в Кракове (1991-93гг.); на семинаре кафедр Информатики физико-математического факультета Педагогического Института в Жешове (1992г.), на семинарах научного совета "Управление сложными технико-экономическими системами" АН Украины по проблеме "Кибернетика" (1990-1993гг.); на научно-техническом семинаре "Гибридные экспертные системы в задачах проектирования сложных технических объектов", г. Санкт-Петербург (1992г.); на научно-технической конференции с международным участием " Приборостроение-93 и новые информационные технологии", г. Винница, г. Николаев (1993г.); на международной конференции "функционально-ориентированные вычислительные системы", г. Киев, г. Харьков, 1993г; на 2-й научно-технической конференции стран СНГ "Контроль и управление в технических системах", г. Винница (1993г.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 4 работах.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Алгоритмическая модель многопродуктовой параллельно-последовательной ТС, содержащей промежуточные накопители ограниченной емкости, созданная с использованием аппарата сетей Петри.
2. Алгоритм составления расписания функционирования многопродуктовой ТС с промежуточным накопителем ограниченной емкости и результаты исследования этого алгоритма.
3. Алгоритм управления имитационной моделью ТС и проведения имитационных экспериментов в процессе оптимизации типоразмерного ряда изделий.
4. Аналитические соотношения для выбора рациональной последовательности использования моделей различного вида в алгоритме оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий.
5. Решение задачи формирования оптимального типажа изделий, выпускаемых

выпускаемых заводом электроприборов " ZELMER", рекомендации по развитию ТС сборочного цеха.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка основной использованной литературы из 140 наименований и приложения. Общий объем диссертации составляет 128 страниц машинописного текста, включая 4 рисунка и 9 таблиц на 11 страницах.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показана необходимость разработки моделей и алгоритмов автоматизированного планирования развития ТС при решении проблемы интегрированной автоматизации производства. Сформулированы цель и задачи работы, ее научная новизна. Раскрыта практическая ценность работы, описаны результаты ее реализации, дано краткое изложение содержания.

В первой главе проводится анализ состояния проблемы, ставятся задачи исследований и выбираются методы решений.

Автоматизация планирования развития производственных систем предусматривает решение следующих задач.

1. Стратегический анализ существующего положения предприятия на рынке, перспектив и возможных направлений развития на основе ретроспективной, текущей и прогнозной информации:

- о потребности и спросе на продукцию данного предприятия и конкурентов (при этом рассматриваются потребности и спрос на изделия уже выпускаемые, спроектированные, но еще не выпускаемые, а также потенциально возможные в производстве изделия);

- о тенденциях развития изделий, их технико-экономических показателей;

- о тенденциях развития технологий, оборудования, систем и материалов, которые могут быть использованы в производстве;

- о методах организации и управления технологическим процессом;

- о трудовых, материальных, финансовых, энергетических ресурсах и ценах на них.

2. Формирование целей прогрессивного долгосрочного развития ПС. Основной целью развития ПС является повышение ее эффективности. Разработка возможных вариантов и направлений развития ПС.

3. Формирование плана выпуска конкурентоспособной продукции с учетом технологических возможностей производственной системы.

4. Создание алгоритмических и имитационных моделей ТС, позволяющих проводить исследование процессов функционирования, реконструкции и развития объекта для обоснования принимаемых решений.

5. На основе долгосрочных перспективных планов выпуска продукции, информации о конструкции новых, предусматриваемых к выпуску изделий, о новых технологических процессах и возможных вариантах увеличения производственных мощностей разрабатываются основные мероприятия по развитию ТС.

В первой главе рассматриваются методы моделирования дискретных ТС. Анализ представленных работ показал, что в качестве основного формализма для моделирования сложных многопродуктовых ТС целесообразно использовать аппарат сети Петри.

В результате анализа различных методов и моделей планирования развития дискретных технологических систем был сделан вывод, что перспективным направлением в решении данной проблемы является использование алгоритмического и, в частности имитационного моделирования в задачах дискретной оптимизации. Применение алгоритмических или имитационных моделей в процессе оптимизации типоразмерного ряда изделий позволит с необходимой степенью детализации отражать условия функционирования ТС, производящей планируемую продукцию, проверить возможности производства выполнить заданный объемно - номенклатурный план, располагая определенными запасами ресурсов и другие. Для развития данного направления необходимо выполнить следующие исследования :

- разработать алгоритмические модели технологических систем, требующие при реализации малых затрат времени и памяти ЭВМ, которые можно использовать при решении реальных задач дискретной оптимизации с алгоритмическими ограничениями;

- усовершенствовать модели немарковских задач оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий, содержащих нелинейные целевые функции, аналитические и алгоритмические ограничения, путем более адекватного моделирования функционирования ТС с использованием средств имитационного моделирования и теории расписаний;

- исследовать возможности применения иерархии моделей различной природы и вида (отличающихся по степени приближения к процессам, протекающим в объекте, и по трудоемкости анализа) в процессе синтеза ряда с целью сокращения времени решения задачи оптимизации.

Во второй главе рассматриваются модели и алгоритмы оптимизации динамических типоразмерных рядов изделий, которые используются для формирования перспективного плана выпуска продукции в процессе решения задачи планирования развития ТС.

Для выбора оптимального плана выпуска продукции в работе предложено использовать базовую модель оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий с учетом алгоритмических ограничений, разработанную И. В. Кононенко, развивая ее в направлении более адекватного моделирования функционирования ТС с использованием теории расписаний и средств имитационного моделирования.

Для оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий (ОРТРИ) на основе данных, полученных в результате маркетингового анализа рынка, формируются прогнозы спроса на изготавливаемые до сих пор изделия, разрабатываемые и перспективно возможные. Предполагаем, что изделие  $i$ -го типа может быть использовано для обслуживания  $j$ -й группы потребителей, где  $i = \overline{1, m}$ ,  $m$  - количество типов изготавливаемых, разрабатываемых и перспективно возможных изделий;  $j = \overline{1, n}$ ,  $n$  - общее количество групп потребителей.

Для упрощения  $j$ -ю группу потребителей в дальнейшем в работе будем называть  $j$ -й заявкой. Каждой  $j$ -й заявке соответствует год  $t_j$ , в котором она поступила. Для выполнения  $j$ -й заявки требуется  $P_{ij}$  экземпляров изделий. Длительность планового периода равна  $T$ . Единовременные затраты на конструкторскую и технологическую подготовку производства зависят от предполагаемого объема выпуска.

Они представлены функцией  $W_i(\dots)$ , аргумент которой  $\left[ \sum_{j=1}^n P_{ij} X_{ij} \right]$  равен объему выпуска изделий  $i$ -го типа, где  $x_{ij}$  - булева переменная, равная  $1$ , если  $i$ -е изделие обслуживает  $j$ -ю заявку и равная  $0$  в противном случае. Аналогично единовременные затраты на производство одного экземпляра изделия  $i$ -го типа выражаются функцией  $V_i(\dots)$ , аргумент которой равен объему выпуска изделий  $i$ -го типа. Единовременные затраты на транспортировку, монтаж, наладку и возможную доводку изделий  $i$ -го типа при обслуживании  $j$ -й заявки обозначим  $Z_{ij}$ . В связи с назначением на обслуживание некоторой заявки одного экземпляра изделия  $i$ -го типа в  $r$ -м году с начала обслуживания этой заявки произойдет изменение текущих затрат по сравнению с  $(r-1)$ -м годом, равное  $U_{ir}$ ,  $r = 1, 2, 3, \dots$

Ставим задачу определения такого развиваемого типоразмерного ряда изделий, удовлетворяющего заданный спрос и требующего минимальных суммарных затрат на всех стадиях жизненного цикла изделий (все виды подготовки производства, непосредственно производство, транспортировка, внедрение и эксплуатация у потребителей с учетом последующей ликвидации) в течение планового периода :

$$\sum_{i=1}^m \left[ W_i \left( \sum_{j=1}^n P_{ij} X_{ij} \right) \right] \alpha_{t_i} \beta_{t_i}^{(v)} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \left[ V_i \left( \sum_{j=1}^n P_{ij} X_{ij} + P_i \text{ пред} \right) \right] \times \\ \times \left( \sum_{j \in \{j; j \neq t\}} P_{ij} X_{ij} \right) \cdot \alpha_{t_i} \beta_{t_i}^{(v)} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m Z_{ij} X_{ij} \alpha_{t_j} \beta_{t_j}^{(z)} +$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{j=\kappa(1-g)+1}^n \sum_{i=1}^m \left[ U_{i,j} \left( \sum_{k=\max\{j/\kappa, 1\}}^{\tau_{i,j}} \alpha_k \beta_k^{(\omega)} \right) + \dots + U_{i,\tau_{i,j}-j/\kappa+1} \alpha_{\tau_{i,j}} \beta_{\tau_{i,j}}^{(\omega)} - \right. \\
 & \left. - \lambda_{i,\tau_{i,j}-j/\kappa+2} \alpha_{\tau_{i,j}+1} \beta_{\tau_{i,j}+1}^{(\lambda)} \right] \times P_{i,j} X_{i,j} \longrightarrow \min_{X_{i,j}} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Учтем при этом ограничения на наличие финансовых средств у производящей системы на конструкторскую и технологическую подготовку производства ряда изделий в каждом году планового периода :

$$S_t = S_{t-1} \alpha_t / \alpha_{t-1} + K_t \alpha_t - \sum_{i \in \{i: t_i = t\}} W_i \left[ \sum_{j=1}^n P_{i,j} X_{i,j} \right] \alpha_t \beta_t^{(\omega)}; \quad (2)$$

$$S_t \geq 0 \quad t = \overline{1, T}$$

Алгоритмическое ограничение для проверки возможностей ТС по производственной мощности (сравниваем значения производственной мощности  $B_t^{(h)}$ , рассчитанной при помощи алгоритмической или имитационной модели, с количеством изделий  $h$ -го типа  $d_t^{(h)}$ , которые необходимо выпустить в  $t$ -м году) имеет вид :

$$B_t^{(h)} \geq d_t^{(h)}, \quad \forall h \in N_t, \quad t = \overline{1, T}, \quad \text{где } d_t^{(h)} = \sum_{j \in \{j: j/\kappa = t\}} P_{h,j} X_{h,j},$$

$$B_t^{(h)} = \varphi(B_{t-1}^{(h)}, X_{i,j}), \quad i = \overline{1, m}, \quad j \in \{j: j/\kappa = t\}, \quad (3)$$

Следующее алгоритмическое ограничение проверяет выполнение различных требований к типоразмерному ряду изделий и производящей системе, в частности, это могут быть ресурсные ограничения:

$$a_t^{(q)} = f(a_{t-1}^{(q)}, X_{i,j}), \quad i = \overline{1, m}, \quad j \in \{j: j/\kappa = t\},$$

$$a_t^{(q)} \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} e_t^{(q)}, \quad q \in Q, \quad t = \overline{1, T}; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{i,j} = 1, \quad j \in V; \quad X_{i,j} = X_{i,j}^0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \kappa(1-g)+1, \kappa(1-g)+2, \dots, 0;$$

$$X_{i,j} \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Представленная задача ОРТРИ относится к динамическим немарковским задачам с булевыми переменными, с нелинейной целевой

функцией и с ограничениями, содержащими аналитические выражения и алгоритмы или имитационные модели. Эта задача принадлежит к классу NP-трудных задач дискретной оптимизации. Рассматриваемый в главе 2 алгоритм решения данной задачи относится к группе алгоритмов неявного перебора.

Для проверки алгоритмических ограничений по производственной мощности предложено использовать модели разного вида, которые подробно описываются в следующей главе.

Рассматриваются методы оценки производственной мощности дискретных технологических систем.

Предложены аналитические соотношения для выбора рациональной последовательности использования моделей различного вида в качестве ограничений в процессе оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий. На примере показано, что при увеличении времени имитационных экспериментов по сравнению с временем, необходимым для расчетов с использованием аналитической модели (при проверке допустимости частичных решений), равная трудоемкость решения задачи ОРТРИ достигается при весьма незначительном ужесточении требований, предъявляемых к имитационной модели. Это указывает на высокую эффективность использования во многих практических случаях более точных моделей, хотя и более трудоемких, для проверки допустимости частичных решений.

В третьей главе подробно описан объект исследований данной диссертационной работы - дискретные технологические системы и представлены используемые в работе методы их моделирования и анализа. Рассматриваются разработанные автором алгоритмы составления расписания функционирования многопродуктовых параллельно-последовательных ТС и алгоритм имитационного моделирования, который реализуется в процессе ОРТРИ для оценки производственной мощности исследуемой ТС.

Для моделирования и исследования реальных сложных ТС предлагается использовать различные математические модели, отличающиеся

по степени детализации и приближения к реальным процессам, протекающим в объекте, а также по трудоемкости анализа. При этом исследуется возможность использования иерархии моделей: аналитических и алгоритмических моделей, а также имитационных моделей в детерминированной или стохастической постановке. При самом обобщенном рассмотрении производственная мощность ТС может быть оценена аналитически, исходя из нормативных показателей функционирования ТС, т. е. производительности оборудования и трудоемкости работ. Производственную мощность можно также определить алгоритмически, сводя расчеты к решению задачи линейного программирования. Более детальный анализ требует создания имитационной модели, которая позволит получить более высокую по сравнению с аналитическими или алгоритмическими расчетами точность характеристик ТС.

В главе приводятся основные понятия теории сетей Петри и используемые в работе их расширения.

Для моделирования ТС в данной работе используется подход, согласно с которым сеть Петри представляется следующим образом:  $S = \langle (M \setminus V, V), T, I, O, \mu, Z, Q \rangle$ , где  $M$  - множество позиций,  $V$  - множество периферийных позиций,  $T$  - множество переходов,  $I$  - входная функция,  $O$  - выходная функция,  $\mu$  - маркировка,  $Z$  - функция, определяющая время,  $Q$  - множество решающих процедур. При этом время моделируется путем введения дополнительных позиций. Разработана модель многопродуктовой параллельно-последовательной ТС с промежуточным накопителем с использованием этой сети Петри.

Для упрощения процедуры проведения имитационного эксперимента с разработанной моделью предлагается на этапе предварительных аналитических расчетов составить календарный план-график загрузки основного оборудования исследуемой ТС.

Ставится задача составления расписания, обеспечивающего минимальное время выполнения независимых работ в параллельно-последовательной системе. Эта задача относится к классу NP-трудных задач теории расписания. В работе рассматриваются два возможных

подхода к составлению расписания для представленной ТС. Согласно с первым подходом производится декомпозиция параллельно-последовательной системы на два блока: в первом параллельными линиями выполняются независимые работы (сборка комплектующих узлов) и во втором блоке параллельными сборочными линиями выполняется сборка готовых изделий. Для такой интерпретации предложен алгоритм составления расписания, минимизирующего общую продолжительность выполнения всех независимых работ идентичными параллельными машинами на участке сборки готовых изделий, допускающего прерывания. Далее на основе этого плана загрузки оборудования на сборочном участке определяется порядок выполнения работ на заготовительных участках.

Второй подход предполагает рассмотрение параллельных машин, как одной машины с производительностью  $(n_k P)$ , где  $P$  - производительность одной машины. При этом на заготовительных участках комплектующих узлов одновременно выполняются одни и те же задания (сборка узлов для определенного типа изделий). Чтобы можно было использовать алгоритм Джонсона для составления расписания, минимизирующего длительность выполнения независимых работ в конвейерной системе из двух машин, из двух заготовительных участков выбирается участок с наиболее продолжительным временем работы над комплектующими одного типа изделий. Согласно этой интерпретации предложен алгоритм составления расписания последовательного выполнения работ в системе, не допускающий прерывания работ.

Разработан алгоритм имитационного моделирования, реализующий построенное расписание работы исследуемой ТС. Имитационный эксперимент осуществляется в процессе оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий, при этом каждое решение проверяется на имитационной модели на выполнение ограничений по производственной мощности. Имитация осуществляется в реальном масштабе времени, а также с масштабированием реального времени. При такой имитации необходимо выбрать соответствующий коэффициент масштабирования.

Наиболее экономичен по времени алгоритм событийного имитационного моделирования, в котором отсутствует связь с реальным временем.

Дано краткое описание пакета прикладных программ, реализующих разработанные алгоритмы составления расписания, имитационного моделирования, взаимодействия алгоритма имитации с алгоритмом дискретной оптимизации.

Представлены результаты оценки адекватности построенных моделей ТС объекту исследований.

В третьей главе приводятся результаты численного исследования качества разработанного алгоритма составления расписания функционирования параллельно-последовательной ТС. Исследование показало, что среднее относительное отклонение времени выполнения работ от оптимального составило 18,85%, что свидетельствует о приемлемом качестве расписания, получаемого в среднем по предложенному алгоритму.

В четвертой главе разработанные модели и алгоритмы применены для формирования оптимального типажа изделий, выпускаемых заводом электроприборов "ZELMER". Дана характеристика производства, описаны исходные данные, представлена модель временной сети Петри многопродуктовой ТС сборочного цеха, а также полученные результаты решения задачи ОРТРИ для завода электроприборов "ZELMER".

Результаты диссертационной работы использовались для выбора оптимального перспективного плана выпуска продукции заводом электроприборов "ZELMER" в Жешове (Rzeszow - Польша) на 1994, 1995 гг. Задача решалась на основе данных, полученных в результате маркетингового анализа рынка и прогнозов, разработанных отделом стратегического планирования. Рассматривалось восемь основных типов изделий. Разработана модель основного производства - сборочного цеха в виде временной сети Петри. На рис. 1. показан одноподуктовый вариант в целом многопродуктовой модели ТС, на которой выполнялись имитационные эксперименты.

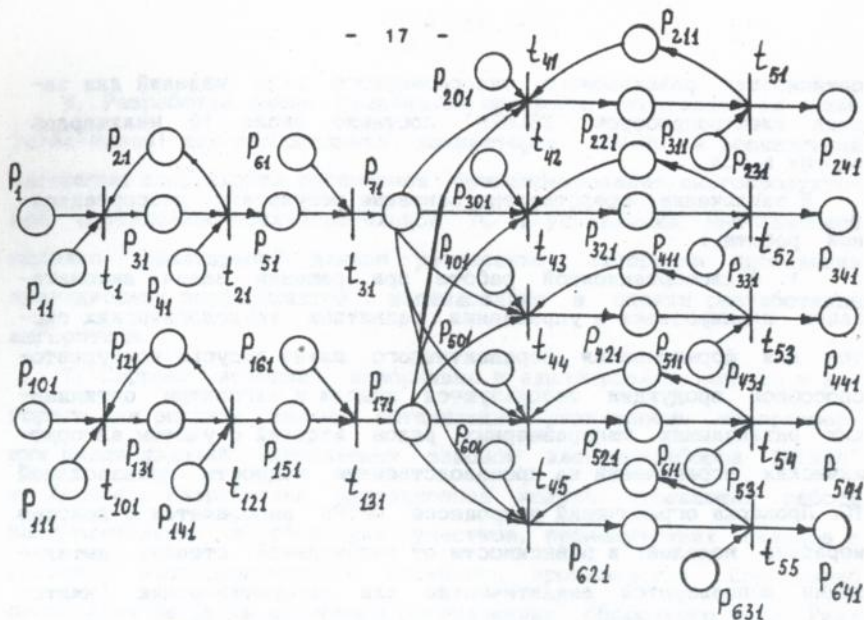


Рис. 1 Временная сеть Петри технологической системы сборочного цеха.

В процессе оптимизации типоразмерного ряда изделий проверка ограничений по производственной мощности для частичных решений осуществлялась с помощью аналитической модели, проверка этих ограничений с помощью имитационной модели производилась для полных решений.

При проверке на имитационной модели оказалось, что исследуемая ТС не сможет изготовить предложенный типаж из-за недостатка производственной мощности. Увеличение производительности заготовительных и сборочного участков на 10% привело к оптимальному решению, удовлетворяющему ограничению, проверяемому на имитационной модели. Таким образом, в результате решения задачи оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий для завода электроприборов "ZELMER" получен оптимальный перспективный план выпуска продукции на 1994 и 1995 гг.

Ожидаемый экономический эффект от реализации оптимального плана выпуска перспективной продукции, полученного в результате

оптимизации развиваемого типоразмерного ряда изделий для завода электроприборов "ZELMER" составит около 10 миллиардов злотых в год .

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы :

1. В диссертационной работе при решении задач автоматизации планирования и управления развитием технологических систем для формирования перспективного плана выпуска конкурентоспособной продукции используются модели и алгоритмы оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий с учетом алгоритмических ограничений на производственную мощность производящей ТС. Проверка ограничений в процессе ОРТРИ выполняется с помощью иерархии моделей: в зависимости от необходимой степени детализации используются аналитические или алгоритмические (имитационные), детерминированные или стохастические модели ТС.

2. Разработана модель многопродуктовой параллельно-последовательной ТС , содержащей промежуточные накопители ограниченной емкости, с использованием аппарата сетей Петри.

3. Разработан алгоритм оперативно-календарного планирования и управления многопродуктовой параллельно-последовательной технологической системой. Выполнено численное исследование свойств разработанного алгоритма .

4. Разработан алгоритм имитационного моделирования ТС; модель функционирует в составе алгоритма оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий и используется в процессе оптимизации для оценки производственной мощности ТС;

5. Разработаны аналитические соотношения для выбора рациональной последовательности использования моделей различного вида, (отличающихся по степени приближения к объекту и трудоемкости анализа), в алгоритме оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий, что позволило решать NP-трудные задачи за допустимое время.

6. Разработан пакет прикладных программ, написанный на языке Turbo-Pascal для персональных компьютеров IBM-PC и реализующий алгоритмы составления расписания функционирования многопродуктовой параллельно-последовательной ТС и управления имитационной моделью, реализующей данное расписание, алгоритмы проведения имитационных экспериментов, исследования и оценки разработанных алгоритмов.

7. Собрана исходная информация и адаптирована модель и алгоритмы для решения задачи оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий, выпускаемых заводом электроприборов "ZELMER" в Хешове. Разработана имитационная модель, отражающая работу заготовительных и сборочных участков, промежуточных складов в условиях многопродуктового серийного производства. Составлено расписание загрузки основного оборудования сборочного цеха. Разработанные в диссертационной работе модели и алгоритмы применены для формирования оптимального плана выпуска продукции заводом "ZELMER" на 1994, 1995 гг.

8. Решена задача оптимизации развиваемых типоразмерных рядов изделий для завода электроприборов "ZELMER". Сформирован оптимальный типаж изделий на 1994 и 1995 гг. Предложено увеличить производственную мощность участков сборочного цеха на 10%.

Ожидаемый экономический эффект от реализации оптимального плана, сформированного в результате решения задачи ОРТРИ, составит около 10 миллиардов злотых в год.

В приложении представлены документы, свидетельствующие о принятии к внедрению результатов диссертационной работы на заводе электроприборов "ZELMER" в Хешове (Польша).

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

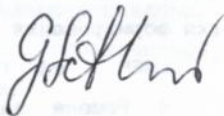
1. Кононенко И. В., Сетлак Г. Учет технологических возможностей на стадиях планирования выпуска изделий // Гибридные экспертные системы в задачах проектирования сложных технических объектов: Матер. научно-технического семинара. - Санкт-Петербург, 24-25 июня

1992г. - С. 125 .

2. Кононенко И. В. , Сетлак Г. Системная оптимизация типажа перспективной продукции с использованием алгоритмических моделей // Приборостроение-93 и новые информационные технологии. : Матер. научно-технической конференции . - Винница, Николаев , сентябрь 1993. - С. 61-62 .

3. Кононенко И. В. , Сетлак Г. Системная оптимизация развития типоразмерных рядов изделий приборостроения с использованием иерархии моделей // Функционально ориентированные вычислительные системы. : Матер. международной научно-технической конференции. - Киев, Харьков , сентябрь 1993. - С. 24-25.

4. Кононенко И. В. , Сетлак Г. Модели и алгоритмы оптимизации планов технического развития технологических систем // Контроль и управление в технических системах. : Матер. 2-й научно-технической конференции стран СНГ. - Винница, 25-28 октября 1993г.









AB 29.728