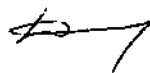


Министерство образования и науки
Российской Федерации



Новосибирский государственный технический университет

На правах рукописи

Секаев Виктор Гилячевич

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ
УЧАСТКА ГПС ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

**Автореферат
диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Новосибирск 2006

Работа выполнена на кафедре "Автоматизированные системы управления" Новосибирского государственного технического университета.

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Мамонов Владимир Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Василий Васильевич Губарев

кандидат технических наук,
Владислав Юрьевич Щеколдин

Ведущая организация: **НИИ Автоматики и электрометрии
СО РАН**

Защита состоится "19" апреля " 2006г. в 15 часов
на заседании диссертационного совета Д212.174.03 при Новосибирском государственном университете по адресу: 630090, Новосибирск, ул.Пирогова, 2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского государственного университета.

Автореферат разослан " _____ " _____ " 2006г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук Ю.И.Еремин



2006А
6963

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

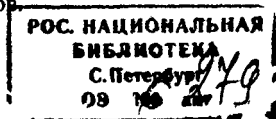
Актуальность темы.

Повышение качества оперативного управления является наиболее существенным фактором эффективности гибких производственных систем (ГПС). В рамках оперативного управления одной из важнейших проблем является проблема планирования загрузки оборудования. Значимость и сложность задач управления обусловлена их иерархической структурой, функциональными особенностями, динамичностью, необходимостью эффективного использования дорогостоящего оборудования.

Заметное в последнее время возрастание интереса к вопросам построения оптимальных расписаний для различных обслуживающих систем обусловлено существенным повышением уровня автоматизации всех видов человеческой деятельности, в том числе и управления этой деятельностью. Качество функционирования современного производства во многом определяется решениями, принимаемыми на этапах календарного планирования и оперативного управления. Наряду с улучшением качеств плановых решений все более жесткими становятся требования к сокращению сроков их выработки, повышению оперативности и гибкости управления.

Основной характеристикой системы оперативного управления ГПС будем считать скорость реакции на изменения условий функционирования производства без потери гибкости. Проблемы планирования (формирования оперативно-календарных планов) являются достаточно сложной задачей, т.к. на нее в наибольшей степени воздействует среда. Календарный план-расписание формирует информационную модель, которая становится базой для диспетчирования операций в реальном времени, т.е. для оперативного управления.

Разработке методов гибкой технологии управления посвящены работы Васильева В. Н. , Емельянова С. В. , Павлова А. А. , Соломенцева Ю. М. , Скурихина В. И. , Бобко И. М. и ряда других авторов.



Основополагающие результаты по проблемам управления в иерархических системах, полученные в работах Буркова В. Н., Гермейера Ю. Б., Мако Д., Месаровича М., Моисеева Н. Н., Такахага И., позволили обосновать использование математического аппарата теории игр, иерархических систем для решения задачи оперативного управления в гибком производстве.

В работах Макарова В. Л., Танаева В. С., Португала В. М., Шкурбы В. В. и других авторов получили развитие методы решения задач календарного планирования.

Метод декомпозиций для решения комбинаторных задач упорядочения и распределения ресурсов предложен Батищевым Д.И., Норенковым И.П., Гудманом Э.Д., Прилуцким М.Х. Авторами проработаны методы комбинирования эвристик, включающие в себя как генетические, так и эвристические процедуры решения задач упорядочения.

Цель работы.

Целью работы является: разработка моделей, алгоритмов и программ, обеспечивающих планирование загрузки производственных модулей участка ГПС при решении задач оперативного управления.

Основные задачи исследования

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

1. Сформулирована и поставлена задача планирования загрузки оборудования участка ГПС для трехуровневой иерархической системы на основе анализа основных направлений исследования оперативного управления.
2. Решена задача выбора структуры оборудования с согласованием целей иерархических уровней на основании теории игр.
3. Предложены целевые функции для коалиционных структур каждого иерархического уровня и коэффициенты согласования целей на основе понятия гибкости ГПС.
4. Разработан алгоритм расчета календарного плана участка с использованием:
 - приоритетного распределения работ;

- на основе генетического метода решения многостадийных задач структурного синтеза (комбинирования эвристик).
- 5. Предложены эвристики, позволяющие улучшить получаемый календарный план загрузки оборудования с представлением его в виде графика Ганта и в матричном виде.
- 6. Осуществлена апробация разработанного программного продукта в задачах оперативного управления производственных участков предприятий машиностроительного профиля и предприятий с дискретно-непрерывным производством.

Методы исследования

Теоретические исследования, выполненные в работе, базируются на общих принципах теории игр, теории оптимизации, теории иерархических систем, теории информации.

Выносимые на защиту результаты

На защиту выносятся следующие результаты, полученные автором:

- алгоритмы и программы выбора структуры производственных модулей при планировании загрузки оборудования;
- система условий согласования иерархических уровней участка ГПС;
- алгоритмы и программы формирования календарного плана при приоритетном распределении работ и при использовании метода комбинирования эвристик.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что:

- впервые сформулирована задача планирования загрузки оборудования для трехуровневой иерархической системы, включающей оборудование различной стоимости и производительности, а также имеющей различные типовые структуры компоновки;
- предложен игровой подход решения задачи выбора структуры, поставлена и решена задача согласования целей для трехуровневой иерархической системы управления;

- предложены целевые функции и коэффициенты согласования целей каждого иерархического уровня;
- разработан и реализован алгоритм расчета календарного плана участка с использованием приоритетного распределения работ и на основе генетического метода решения многостадийных задач структурного синтеза (комбинирования эвристик);
- предложены эвристики, позволяющие улучшить получаемый календарный план.

Практическая ценность результатов:

Решение задачи планирования загрузки оборудования позволяет сократить совокупную длительность цикла производства деталей при наиболее рациональном использовании средств производства. Оптимальные сроки запуска для каждой операции планового задания существенно сокращают межоперационные пролеживания деталей и уменьшают объем незавершенного производства. Методика решения задач планирования загрузки оборудования использовалась в комплексном автоматизированном производстве пластмассовых изделий, в проекте комплексной автоматизации дрожжевого производства, при расчете календарного плана производства станочных плит машиностроительного предприятия. Разработанная методика и программное обеспечение могут быть использованы в различных иерархических системах управления дискретных и непрерывно-дискретных производств, а также в социотехнических системах. Программное обеспечение используется также в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета. Внедрение результатов диссертационной работы подтверждается соответствующими актами.

Апробация работы

Основные положения, результаты и выводы были доложены на следующих совещаниях, семинарах и конференциях:

- на Региональной научно-технической конференции "Проблемы повышения эффективности создаваемых и внедряемых АСУ" (Омск, 1988 г.);

- на 3 Всесоюзной научно- технической конференции "Методы синтеза типовых модульных систем обработки данных" (Кипшинев, 1989 г.);
- на Всесоюзной научно- практической конференции "Проблемы создания и внедрения гибких производственных и робототехнических комплексов на предприятиях машиностроения" (Одесса, 1989 г.);
- на 2 Всесоюзной научно- технической конференции "Проблемы и перспективы автоматизации производства и управления на предприятиях и в организациях приборостроения" (Пермь, 1990 г.);
- на 4 Международной научно- технической конференции "Проблемы комплексной автоматизации» (Киев, 1990 г.);
- на международной конференции "Информационные системы и технологии" (Новосибирск, 2003 г);
- на научных семинарах кафедры АСУ Новосибирского государственного технического университета, Новосибирск, 1989- 2003 годы.

Публикации

Основные результаты диссертационной работы содержатся в 17 печатных работах, из них: в центральных и других изданиях, рекомендованных ВАК – 6 работ, сборниках научных трудов – 4 работы, трудах международных конференций – 2 работы, тезисы докладов конференций - 4 работы, отчетах НИР – 3 работы.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитированной литературы из 117 наименований, 6 приложений на 27 страницах, 162 страниц текста, иллюстрируемого 35 рисунками и 12 таблицами.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели исследования, анализируется научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе рассмотрены научно-технические проблемы в ГПС, характерные особенности оперативного управления в ГПС, определены основные направления исследований оперативного управления в ГПС и осуществлена постановка задачи исследования.

Во многих работах в качестве имитационной модели представлены типовые структуры ГПС. Однако, использование систем имитационного моделирования GPSS, СИМУЛА, СИМФОР требует участия квалифицированных специалистов. Для упрощения процедур моделирования предлагается использовать модифицированные сети Петри, которые могут отображать конфликтные ситуации, описывать параллельные процессы и логические взаимосвязи событий в системе, но малопригодны для моделирования событий с приоритетами. Кроме того, это требует создания комплекса имитационных моделей на основе иерархической структуры, моделирующих более высокие уровни управления с учетом основных связей системы и детально моделирующих подсистемы и отдельные участки.

Рассматривая участок ГПС как открытую систему, выполняющую функции $\Phi(r_1), \Phi(r_2), \dots, \Phi(r_n)$, где

r_i - ресурс, потребляемый конкретной функцией Φ_i , причем

$$\sum_{i=1}^n r_i = R_s, \quad i = \overline{1, n}; \quad R_s - \text{общий ресурс системы,}$$

функционирование системы можно представить в виде

$$\Phi(t) = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n).$$

Взаимодействие функций системы имеет особенности:

1. Увеличение интенсивности выполнения любой из функций возможно за счет деградации другой в силу общности R_s .
2. Реализация любого процесса требует реализации всех остальных процессов, а прекращение любого из процессов ведет к деградации системы.

Резервирование производственных мощностей не снимает проблемы, т.к. они становятся потерями, если по тем или иным причинам не используются. Результаты исследований говорят о том, что необходимо 20% недоиспользова-

ние ресурса для строгого выполнения календарного плана при наиболее неблагоприятных производственных условиях.

Существует два подхода к решению задач динамического планирования в ГПС:

- первый обеспечивает прохождение требуемых на сборке деталей в минимальные сроки при максимальной загрузке станков при минимальных запасах исходных материалов и практически без заделов;
- другой состоит в пропорциональной загрузке используемого оборудования в соответствие с его стоимостью. Дорогое, более квалифицированное оборудование должно загружаться наиболее сложными деталями в первую очередь.

В работе предлагается учесть оба подхода:

1. Выбирать состав станочных модулей с учетом стоимостных показателей и с учетом пропорционального распределения ресурса системы между иерархическими уровнями для номинального функционирования системы.
2. На выбранном составе оборудования решать задачу временного упорядочения прохождения партий деталей в минимальные сроки.

В заключение главы осуществляется постановка задачи планирования загрузки оборудования участка ГПС.

Задан участок ГПС, представленный трехуровневой иерархической структурой, включающий оборудование различной стоимости и производительности в различных типовых структурах компоновки. Имеется следующий набор исходных данных. Конечное множество $K_i = \{1, 2, \dots, k\}$ требований (деталей) и конечное множество $N = \{1, 2, \dots, n\}$ приборов (станков). Процесс обслуживания требования $i \in K_i$ включает r_i стадий. При этом каждому требованию $i \in K_i$ и каждой стадии q , $1 \leq q \leq r_i$, его обслуживания сопоставляется некоторое множество приборов $N'_q \subseteq N$. В зависимости от типа обслуживаемой системы требование i на стадии q либо может быть обслужено любым из приборов $L \in N'_q$, (но не более чем одним одновременно), либо должно одновременно

обслуживаться всеми приборами из множества N_i . Обычно предполагается, что каждый прибор одновременно может обслуживать не более одного требования.

В системах с различным порядком (маршрутом) прохождения приборов требованиями рассмотрим системы с последовательными приборами. В этих системах для каждого требования $i \in K$, задается своя, специфическая для этого требования последовательность $L = (L_1, L_2, \dots, L_n)$ его обслуживания приборами. Требование i сначала обслуживается прибором L_1 , затем прибором L_2 и т.д., пока оно не будет обслужено прибором L_n . Последовательности обслуживания могут быть различными для разных требований, и могут содержать повторения приборов.

Если требование i на стадии q должно быть обслужено прибором $L = L_q$, то предполагается заданной длительность $t_{iL} \geq 0$ его обслуживания этим прибором. Обычно предполагается, что каждое требование не может одновременно обслуживаться двумя и более приборами и каждый прибор не может одновременно обслуживать более одного требования. При этих предположениях расписание можно рассматривать как совокупность $\{h_1(t), h_2(t), \dots, h_N(t)\}$ кусочно-постоянных непрерывных слева функций, каждая из которых задана на интервале $0 \leq t \leq \infty$ и принимает значения $0, 1, \dots, n$. Если $h_L(t) = i \neq 0$, то в момент времени t прибор $L \in N$ обслуживает требование $i \in K$. Иногда вместо функций $h_L(t)$, $L \in N$, описывающих функционирование каждого прибора, используют аналогичные функции $h_i(t)$, $i \in K$, описывающего процесс обслуживания каждого требования ($h_i(t) = L$, если в момент времени t требование i обслуживается прибором L). Оценка качества расписания осуществляется следующим способом. Каждое допустимое расписание h однозначно определяет вектор $\bar{t}(h) = (\bar{t}_1(h), \bar{t}_2(h), \dots, \bar{t}_n(h))$ моментов завершения обслуживания требований. Дается некоторая действительная не-

убывающая по каждой из переменных функция $F(t) = F(t_1, t_2, \dots, t_n)$, и качество расписания h оценивается значением этой функции при $t = \bar{t}(h)$. Из двух расписаний лучшим считается то, которому соответствует меньшее значение $F(t)$. При построении оптимального по быстродействию расписания $F(t) = \max_{1 \leq i \leq k} \{t_i\}$. В этом случае $F(\bar{t}(h)) = \bar{t}_{\max}(h)$, где $\bar{t}_{\max}(h) = \max_{1 \leq i \leq k} \{\bar{t}_i(h)\}$.

Маршруты прохождения приборов $L^i = (L_1^i, L_2^i, \dots, L_r^i)$ предполагаются заданными для всех требований $i \in K_i$ и могут быть различными для разных требований. Каждый прибор обслуживает требования последовательно, причем не более одного требования в каждый момент времени. Процесс обслуживания требования состоит в последовательном выполнении операций. Каждая операция характеризуется упорядоченной тройкой чисел (i, L, q) , $i \in K_i, L \in N, 1 \leq q \leq r$. Длительности $t_{iLq} > 0$ выполнения всех операций предполагаются заданными. Трудоемкость обработки i -ой детали на j -ом станочном модуле по p -ой операции, т.е. $t_{ijp} = t_{шijp} + T_{уip} + T_{нijp}/\rho_i$, где $t_{шijp}$ - штучное время, мин; $T_{уip}$ - время захвата установки, снятия и укладывания детали, мин; $T_{нijp}$ - время наладки j -ого станочного модуля на i -ой партии деталей по p -ой операции; C_j - стоимость j -ого производственного модуля; M_i - емкость инструментального магазина i -ого производственного модуля; T_i - суточный фонд рабочего времени i -ого производственного модуля; P_j - количество деталей j -ого типа, обеспеченных заготовками и инструментом; Θ_l - время обработки детали j -ого типа инструментом l -ого типа; τ_l - стойкость инструмента l -ого типа; Z_{il} - количество деталей l -ого типа, обрабатываемых на i -ом производственном модуле (ГПМ); Y_{il} - количество инструмента l -ого типа, имеющегося на i -ом производственном модуле. Для заданного участка определить состав и структуру S_m станочных модулей и конечный срок календарной занятости каждого рабочего места $G = \|T_{ip}\|$, где T_{ip} - время окончания обработки i -ой партии деталей на j -ом станочном модуле по p -ой операции от начала отсчета времени. Расписание должно быть оптимальным по быстродействию. Главная

цель заключается в организации согласованного во времени и маршрутно - ориентированном пространстве движения частей и изделий в производстве.

Вторая глава описывает задачу согласования для трехуровневой иерархической системы управления участком ГПС с выбором целевой функции и коэффициентов согласования целей каждого уровня.

Участок ГПС представляет собой трехуровневую иерархическую систему. К первому уровню можно отнести локальные системы. Второй уровень СУ ГПС образуют СУ основных подсистем: СУ автоматизированного склада (АСС), транспортной системы (АТС), автоматизированной технологической системы (АТСи). Третий уровень - это уровень всей ГПС в целом.

Предлагается до решения задачи упорядочения осуществлять выбор модулей из имеющегося парка станочных модулей с учетом стоимостного ресурса элемента системы A^i (производительность в стоимостном выражении i -го модуля в единицу времени) и с учетом распределения этого ресурса по уровням иерархии для обеспечения номинального функционирования системы. При распределении ресурса производственного модуля по уровням иерархии выявляются те элементы (модули), которые своими ресурсами участвуют в достижении целей более высоких уровней иерархии («эгоисты» ранга 0, 1, 2). На выбранном таким образом оборудовании решается задача упорядочения в соответствии с заданной производственной программой.

Пусть I - совокупность из n обрабатывающих центров. Коалиция- любое непустое подмножество I тех обрабатывающих центров, которые выполняют обработку изделий одного комплекта. Коалиционная структура R - это множество коалиций, удовлетворяющих условиям

$I \in R; \{i\} \in R; \forall i \in R; S \cap T \in \{0, S, T\}; \forall S, T \in R; P(i)$ - множество коалиций, в которые входит i - й обрабатывающий центр. В распоряжении i - го центра находится векторный ресурс $A^i = (a^i_1, a^i_2, \dots, a^i_n) \geq 0$. Задача состоит в том, чтобы выбрать стратегию распределения ресурса A^i между коалициями из

множества $P(i)$. Множество стратегий i -го центра имеет вид $x^i = \{X_{S,i} |$

$$\sum_{S \in P(i)} X_{S,i} = a^i, X_{S,i} \geq 0\}. \text{ Для каждой коалиции } S \text{ задана целевая функция}$$

$f_s(x_s)$. С помощью этих функций определяется функция выигрыша каждого i

-го обрабатывающего центра $U_i(X) = \min_{S \in P(i)} \lambda_s^k f_s(x_s)$, где λ_s^k - интерес каж-

дого уровня иерархии для тех групп S , в которые входит i -й обрабатывающий центр. Алгоритм вычисления множества сильных ситуаций равновесия для

трехуровневой системы опишется следующим образом: Имеется процедура Φ , которая позволяет для любой коалиции S уровня K построить число $W^k(S)$ по

системе чисел $W^{k+1}(T)$, определенных для всех T из R таких, что $T \subset S$. Числа

$W^k(T)$ определяются по формуле $W^k(T) = \min (W^k(S) W^{k+1}(T))$. Для опреде-

ления сильных ситуаций равновесия необходимо решить

$$\lambda_s^k f_s(x_s) = W^0(S), S \in R. \text{ Решение задачи координации позволяет решить}$$

стоящие перед нами проблемы: определять вклад каждой группы оборудования в цели различных уровней иерархии участка; определить фактическую структу-

ру участка ГПС на текущий момент. Если после решения задачи выясняется,

что часть оборудования не участвует своими ресурсами в достижении целей

участка более высоких уровней, то это оборудование рекомендуется выделить в

качестве резервного (при условии, что технологический маршрут обработки

изделий позволяет исключить данный тип оборудования). Целевая функция

системы $f(x)$ должна удовлетворять условиям монотонности, непрерывности и,

кроме того, $f(0)=0$. В качестве такой функции рассмотрим стоимостной показате-

ль системы. Стоимостной показатель удовлетворяет вышеперечисленным ус-

ловиям, предъявляемым целевой функции и является аналогом ресурса элемен-

та системы. Соизмерение целей отдельных элементов и иерархических уровней

осуществляется параметром λ_s^k . Введем для нижнего уровня системы для каж-

дого i -го элемента показатель λ_i^2 , пропорциональный стоимости единицы обо-

рудования. Для наиболее дорогостоящего оборудования зададим $\lambda_i^2 = 1$, тогда

для остальных единиц $\lambda_j^0 = C_j / C_{\max}, j = \overline{1, N}, j \neq i$, где C_{\max} - стоимость доро-

гостоящего оборудования; C_j - стоимость остальных единиц оборудования. Для уровня, характеризующего работу ГПМ, введем параметр согласования в виде

$$\lambda_j^1 = \sum_i k_{ji} / N, i = \overline{1, N}$$

где k_{ji} - коэффициент использования оборудования, учитывающий уровень организации производства, а N - число ГПМ, причем

$$k_{ji} = 1 / (1 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad n_1 = t_{\text{ПО}} / (t_{\text{штк}} + t_{\text{ПВ}})$$

$t_{\text{ПО}}$ - потери времени по организационным причинам; $t_{\text{штк}}$ - штучно-калькуляционное время; $t_{\text{ПВ}}$ - потери времени на восстановление работоспособности модуля; $n_2 = t_{\text{ПВ}} / t_{\text{штк}}$, $n_3 = t_{\text{ПТ1}} / t_{\text{шт}}$, где $t_{\text{ПТ1}}$ - время оперативной технической подготовки производства (подготовительно-заключительное);

$t_{\text{шт}}$ - штучное время. $n_4 = t_{\text{ПТ2}} / t_{\text{оп}}$, где $t_{\text{ПТ2}}$ - время периодической технической подготовки производства (обслуживание оборудования); $t_{\text{оп}}$ - оперативное время. Для следующего уровня (уровня 0), включающего уровни АС, АТС, АСС, в качестве коэффициентов согласования рассмотрим следующие величины: для АС и АТС рассмотрим коэффициент технологической гибкости

$$\lambda_j^0 = T_{\text{ад}j} / (T_{\text{р}j} + T_{\text{ад}j}), \text{ где } T_{\text{р}j} - \text{время работы системы; } T_{\text{ад}j} - \text{время адаптации системы к изменяющейся номенклатуре деталей. Для АСС в качестве коэффициента согласования рассмотрим } \lambda_j^0 = k_{ij},$$

где k_{ij} - коэффициент структурной гибкости типовой структуры компоновки j -ой ГПМ. Предложенные целевые функции и коэффициенты согласования коалиционных структур различных иерархических уровней позволяют решить задачу согласования и выбрать состав станочных модулей по величине вклада модуля в ресурсы различных уровней иерархии. Использование в качестве коэффициентов согласования показателей гибкости системы и стоимости станочных модулей позволяет легко адаптировать получаемый динамический план к текущему состоянию системы.

В третьей главе для выбранной структуры участка ГПС предлагается упорядочение работ методами календарного планирования. Рассматриваемая задача упорядочения относится к классу NP-полных задач. Предложены два

способа упорядочения работ: на основании правил приоритетов и с использованием метода комбинирования эвристик.

В зависимости от производственной программы и текущего состояния участка ЛПР может использовать различные правила приоритетов. Проранжированные ЛПР партии деталей получают коэффициент приоритетности в соответствии с некоторым правилом, разбивающим все множество деталей на непересекающиеся подмножества. В этом случае рассматриваемая задача может быть представлена как задача целочисленного программирования со следующей системой ограничений:

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} * z_{ij} \leq T_i, i = \overline{1, n}, \quad \tau_i * y_{ii} \geq \sum_j \Theta_{ij} * z_{ij}, i = \overline{1, n}; l = \overline{1, L}, \quad z_{ij} \geq 0$$

$i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}; y_{ii} \geq 0; i = \overline{1, n}; l = \overline{1, L}$. Рассмотрим случай, когда распределение заданий должно осуществляться по критерию выпуска деталей с максимальным приоритетом, тогда

$\sum_{i=1}^n x_{ijs} \leq P_{js}, j = \overline{1, k}; k = \overline{1, N}; x_{ijs} \geq 0, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}; s = \overline{1, N}$, где x_{ijs} – количество деталей j -го типа s -го уровня приоритета, направляемых на i -й ГТМ; p_{js} – количество заготовок для деталей j -го типа s -го приоритета; N – количество уровней приоритета. Пусть наиболее приоритетные детали относятся к первому, а наименее приоритетные к N -му уровню. Введем коэффициент приоритетных деталей s -го уровня R_s . Наименее приоритетным деталям назначим величину этого коэффициента $R_N = 1$, а для остальных деталей будем вычислять этот коэффициент по рекуррентному соотношению $R_s = \sum_{j=1}^k \sum_{r=s+1}^N R_r * P_{jr} + 1, s \leq N-1$. При этом коэффициент приоритетности детали s -го уровня оказывается больше суммы коэффициентов приоритетности всех деталей, отнесенных к более низким уровням. Целевая функция будет иметь вид $W_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \sum_{s=1}^N R_s * x_{ijs} \Rightarrow \max$

Таким образом, в данном случае изменение критерия влияет как на вид целевой функции, так и на форму записи ограничений. Для поиска решения следует

применять такие методы, которые обеспечивают на промежуточных этапах нахождение хотя бы допустимого решения. При беспriorитетном распределении работ предлагается метод комбинирования эвристик.

Метод комбинирования эвристик заключается в применении на каждом шаге синтеза расписаний наилучшей из множества "быстрых" эвристик, каждая из которых строит допустимое расписание, а поиск оптимальной комбинации эвристик реализуется с помощью генетических алгоритмов. Специфика рассматриваемой задачи отражена в эвристиках построения расписания. Каждая эвристика включает в себя правило выбора очередной операции и правило ее назначения на определенную машину (модуль):

- выбирается операция с наименьшим временем окончания обслуживания на предыдущей стадии;
- выбирается машина, на которой обслуживание данной операции закончится раньше, чем на других машинах;
- выбирается операция с наибольшим временем окончания обслуживания на предыдущей стадии;
- выбирается операция с наименьшим временем окончания обслуживания на текущей стадии;
- выбирается операция с наибольшим временем окончания обслуживания на текущей стадии;
- выбирается операция с наименьшим временем длительности всех работ;
- выбирается операция с наибольшим временем длительности всех работ;
- выбирается операция с наименьшим временем длительности оставшихся работ;
- выбирается операция с наибольшим временем длительности оставшихся работ.
- выбор откладывается на следующий шаг.

При этом должны быть учтены следующие технологические условия: технологические операции не имеют приоритетов; время выполнения операций является детерминированной величиной; на каждом модуле в любой момент

времени может выполняться операция, относящаяся только к одному виду работ; маршрут выполнения работ каждой детали известен; каждый модуль одновременно не может выполнять более одной операции; каждая операция выполняется на модуле без перерыва. Задача заключается в определении такого расписания, в котором операции закрепляются за модулями и определяется порядок их выполнения, причем общая длительность выполнения всех операций должна быть минимальной.

В четвертой главе приведено описание практической реализации систем, разработанных в рамках проведенных исследований. Представленные в работе модели и методы нашли практическое применение в качестве отдельных решений в системе оперативного управления комплексного автоматизированного производства пластмассовых изделий, в системе оперативного управления складским модулем, при разработке проекта комплексной автоматизации дрожжевого производства, в расчете календарного плана цеха производства стачочных плит машиностроительного предприятия .

Комплексное автоматизированное производство пластмассовых изделий (КАП) представляет собой участок, оснащенный автоматическими роторными линиями (АРЛ). Технологический процесс термического прессования изделий осуществляется на 16 АРЛ указанных типов, каждая из которых имеет 24 позиции прессования. Выбрана двухуровневая иерархическая реализация стратегии управления. Основные функции нижнего уровня: автоматический съем, регистрация и предварительная обработка текущей информации; реализация координирующих воздействий, поступающих с верхнего уровня; блокировка выполнения технологической операции в критических ситуациях; автоматическая стабилизация заданного состояния технологической среды; контроль параметров энергетических потоков, обеспечивающих технологический процесс. Функции верхнего уровня: контроль состояния ТП в целом и по основным функциональным частям; формирование и коррекция структуры КТС системы, формирование и коррекция параметров ТП и структуры роторных линий. Результаты эксплуатации системы на машиностроительном предприятии показа-

ли эффективность предложенных технических и программных решений. Идеология построения гибких автоматизированных производств обуславливает необходимость автоматизации управления и входящих в их состав складских систем, у которых появляются новые важные функции : автоматическое обеспечение производственных процессов необходимыми элементами по командам, поступающим с верхнего уровня управления; автоматическое представление информации о хранящихся на складе объектах для решения задач учета, оперативного планирования и управления.

Проект комплексной автоматизации дрожжевого производства предусматривал оперативное управление основным производством получения дрожжей для семи дрожжерастильных аппаратов. Результатами внедрения проекта являются: увеличение выхода продукта - товарных дрожжей на один дрожжерастильный аппарат; увеличение производительности за счет программной настройки любого параметра и значения регламента с компьютера и регулирования параметров; высокая оперативность управления. Структура системы управления построена по двухуровневой схеме. На нижнем уровне используется промышленный контроллер фирмы SIEMENS, на верхнем уровне – персональный компьютер. Регулирование всех параметров осуществляется по технологическим программам согласно регламенту с возможностью корректировки заданий начальником производства.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Впервые сформулирована задача планирования загрузки оборудования для трехуровневой иерархической системы, включающей оборудование различной стоимости и производительности, а также имеющей различные типовые структуры компоновки.
2. Предложен игровой подход решения задачи планирования загрузки оборудования (выбора структуры), поставлена и решена задача согласования для трехуровневой иерархической системы управления.

3. Для участка ГПС предложены целевые функции, удовлетворяющие условиям монотонности и непрерывности, а также коэффициенты согласования целей каждого иерархического уровня, отражающие стоимость оборудования, коэффициент использования оборудования, технологическую и структурную гибкость реальных ГПС.

4. Разработан алгоритм расчета календарного плана участка с использованием приоритетного распределения работ; на основе генетического метода решения многостадийных задач структурного синтеза (комбинирования эвристик).

5. Предложены новые эвристики, позволяющие улучшить получаемый календарный план загрузки оборудования с представлением его в виде графика Ганта и матричном виде.

6. Методика проектирования систем оперативного управления использовалась для разработки комплексного автоматизированного производства пластмассовых изделий, управления автоматизированного складского модуля ГАП, в проекте комплексной автоматизации дрожжевого производства, в расчете календарного плана цеха производства станочных плит машиностроительного предприятия.

7. Научные и методологические результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть взяты за основу при разработке математического и программного обеспечения систем оперативного управления.

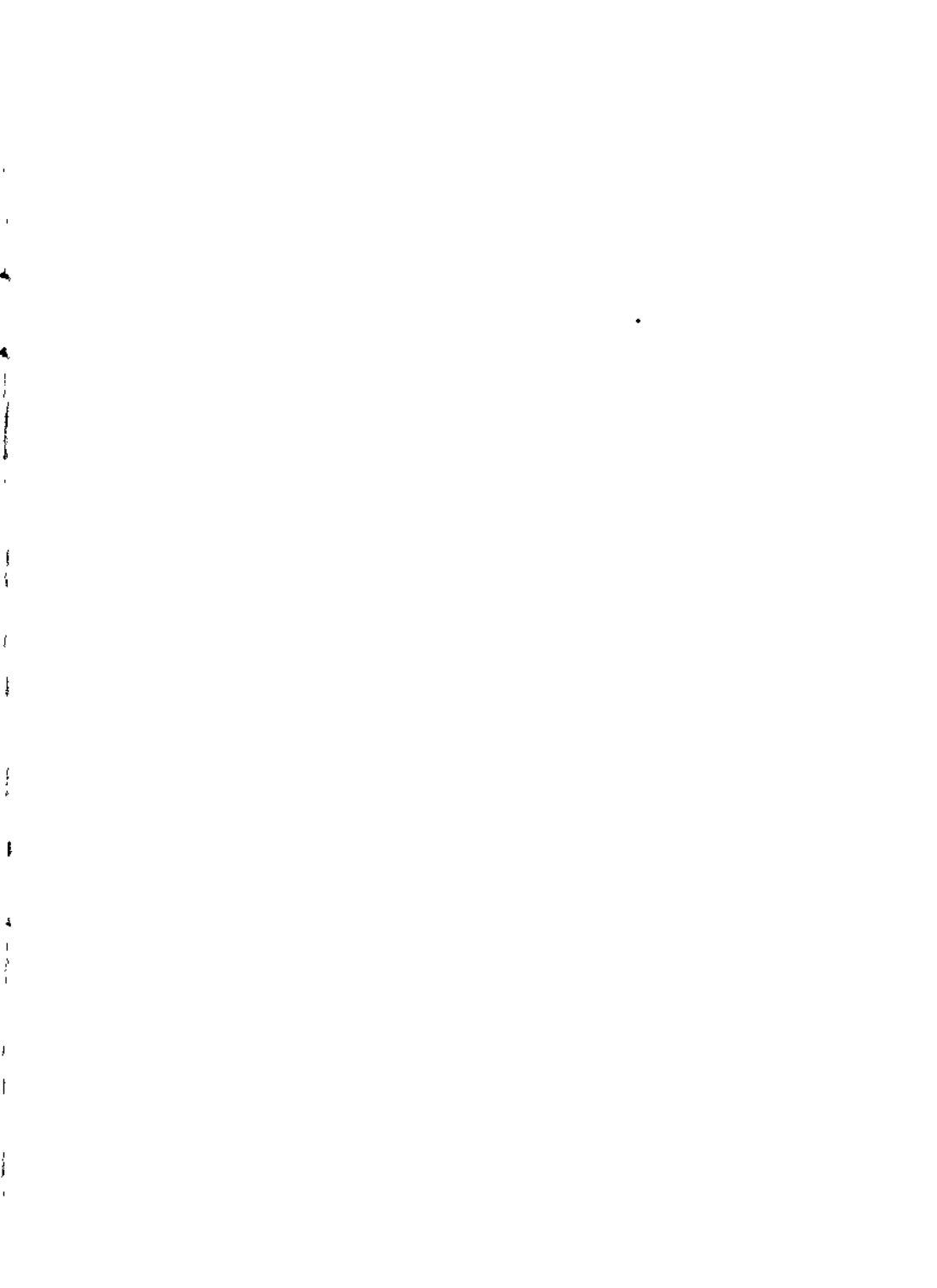
Основные положения, выводы и результаты диссертации отражены в следующих работах:

1. Секаев В.Г. Особенности иерархических структур автоматизированных систем управления. // Промышленные АСУ и контроллеры.-2005.-№2.-С.22-25.
2. Секаев В.Г. Опыт использования генетических алгоритмов при построении оптимальных расписаний обслуживающих систем. Сборник научных трудов НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – Вып.2 (40). С.41-52.
3. Кляуз А.П., Секаев В.Г., Шахлин Е.В. Разработка и внедрение проекта комплексной автоматизации технологического процесса на Новосибирском

- дрожжевом заводе.// Промышленные АСУ и контроллеры.-2004.-№3.-С.12-15.
4. Секаев В.Г. Разработка и внедрение проекта комплексной автоматизации технологического процесса на Новосибирском дрожжевом заводе. Труды международной конференции «Информационные системы и технологии». Новосибирск. 2003, том 1, С. 67-71.
 5. Секаев В.Г. Выбор элементов структуры гибкого производства. Сб. научных трудов НГТУ.-2002.-№1(27). С. 51-58.
 6. Секаев В.Г. Решение задачи координации в ГПС в рамках интеллектуальной системы управления: Межвуз. сб. научных трудов : НЭТИ.- Новосибирск. 1991. С. 21.
 7. Секаев В.Г. Распределение заданий при оперативном управлении в ГПС. //Тезисы докладов 2 Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы и перспективы автоматизации производства и управления на предприятиях и в организациях приборостроения."-Пермь. 1990. С.32-33.
 8. Секаев В.Г., Ренин С.В. Оптимизация распределения заданий между модулями ГПС с использованием диалога.// Диалоговые системы в задачах управления: Межвуз. сб. научных трудов. НЭТИ.- Новосибирск. 1989. С 14.
 9. Качальский В.Г., Ренин С.В., Секаев В.Г. Автоматизированный склад как модуль ГПС. //УСиМ-1988.- №5.-С. 105-108.
 10. Качальский В.Г., Секаев В.Г., Хоменко В.М. Автоматизированная система управления линиями роторных машин.//Приборы и системы управления.-1991.-№ 5.-С. 4-6.
 11. Мамонов В.И., Дахер М., Козак Д.А., Секаев В.Г., Шегал Б.Р. Проблема разработки гибких автоматизированных технологий управления.//Труды 4 Международной научно-технической конференции "Проблемы комплексной автоматизации". – Киев. 1990. С. 17-18.
 12. Козак Д.А., Мамонов В.И., Секаев В.Г. Проблемы разработки гибких автоматизированных технологий управления. // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы создания и внедрения гибких

- производственных и робототехнических комплексов на предприятиях машиностроения". - Одесса. 1989. С. 7-8.
13. Разработка алгоритмического и программного обеспечения комплекса задач для АСУТП КАП: Отчет о НИР/НЭТИ, Руководитель Качальский В.Г., - ГР 01870015402.- Новосибирск. 1989.-120с. Исп.: Качальский В.Г., Секаев В.Г.
 14. Разработка научных принципов и методологий создания интеллектуальных технологических систем в машиностроении: Отчет о НИР/НЭТИ, Руководитель Филимоненко В.Н., -ГР 01870124302. -Новосибирск, 1989. -112с. Исп.: Филимоненко В.Н., Секаев В.Г. и другие.
 15. Исследование и разработка системы управления ГАУ цеха механообработки: Отчет о НИР/НЭТИ, Руководитель Качальский В.Г. -г р. 01860032753.- Новосибирск,1986.-120с. Исп.: Качальский В.Г., Секаев В.Г. и другие.
 16. Качальский В.Г., Секаев В.Г., Попов С.В. Управление модулями в ГПС.// Тезисы докладов Региональной научно-технической конференции «Проблемы повышения эффективности создаваемых и внедряемых АСУ». Омск. 1989. С.28-29.
 17. Качальский В.Г., Секаев В.Г., Хоменко В.М. Модульный принцип построения систем обработки данных при автоматизации управления технологическими процессами.// Тезисы докладов 3 Всесоюзной конференции "Методы синтеза типовых модульных систем обработки данных". Кишинев. 1988. С. 7

Отпечатано в типографии Новосибирского
государственного технического университета
630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. 346-08-57
формат 60x84/16, объем 1,5 п.л., тираж 100 экз.,
заказ № 371, подписано в печать 10.03.06 г.



2006A
6963

№ - 6963