

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ МЕХАНООБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Лаздынь С.В., Секирин А.И.

Донецкий национальный технический университет, кафедра АСУ

E-mail: slazd@ukr.net

Abstract

Lazdyn S., Sekirin A. Improvement of control methods in automated technological complexes for mechanical processing on base of object-oriented approach and genetic algorithms. Object-oriented model of automated technological complex for mechanical processing is designed. For optimal scheduling of equipment operating is offered to use genetic algorithms. Software for modelling and optimization is developed. Computer experiments, confirming efficiency of given approach, are realized.

Введение

Одним из основных направлений технического прогресса в машиностроении является автоматизация обрабатывающего и вспомогательного оборудования с использованием современных компьютерных технологий, создание на этой базе автоматизированных технологических комплексов (АТК), являющихся в свою очередь основой для построения компьютерно-интегрированных производств.

Под автоматизированными технологическими комплексами (АТК) будем понимать технологические структуры с законченным производственным циклом (участок, цех) и различной степенью автоматизации. АТК включают в себя автоматизированное технологическое оборудование для механообработки деталей: станки с числовым программным управлением (ЧПУ), гибкие производственные модули (ГПМ), а также - вспомогательное оборудование: автоматизированный транспорт (транспортные роботы, роботизированные тележки), автоматизированную складскую систему. Координацию взаимодействия различного оборудования и функционирование комплекса в целом обеспечивает система управления (СУ АТК) [1, 3].

Управление работой оборудования СУ АТК производит путем выдачи команд и контроля их выполнения. Последовательность операций, выполняемых оборудованием и наборы соответствующих команд, определяются на основе расписания работы АТК, которое формируется на этапе оперативно-календарного планирования и корректируется по мере необходимости. С точки зрения управления АТК представляет собой сложный динамический объект, на функционирование которого оказывают влияние ряд возмущающих факторов, таких как поломки оборудования, отсутствие заготовок и инструмента, директивные производственные задания и др. Поэтому, для эффективной эксплуатации таких объектов одной из главных задач является формирование оптимального или близкого к нему расписания работы оборудования, а также - динамическая его корректировка с учетом изменения производственной ситуации. При этом необходимо наличие модели АТК, которая обеспечит достаточно точное отображение протекающих в нем процессов функционирования производственного оборудования и движения материальных потоков во времени и пространстве.

Вопросам моделирования и оперативного управления дискретными

производственными и технологическими процессами в машиностроении посвящен ряд научных работ и публикаций. Разработаны и внедрены несколько систем оперативного управления автоматизированными технологическими комплексами различного назначения. К общим недостаткам этих работ и разработок можно отнести то, что задача формирования оптимальных план-графиков и расписаний работы АТК за ограниченное время не решена, используемые при этом решающие правила и другие эвристические методы позволяют найти приемлемое, далеко не оптимальное решение. Используемые для управления модели АТК в большинстве случаев не обеспечивают высокой степени адекватности объекту и требуют совершенствования. Поэтому, несмотря на проведенные исследования, проблема оптимизации работы АТК механообработки остается актуальной.

Анализ методов моделирования и оперативного управления, используемых в АТК

В настоящее время создан ряд сложных систем моделирования и управления автоматизированными технологическими комплексами с применением в качестве управляющих моделей сетей Петри, экспертных систем, построенных на основе решающих правил, баз знаний и т.д. [1-6]. Рассмотрим особенности математических моделей и методов оптимизации, применяемых в некоторых системах управления АТК.

Примером системы оперативного управления автоматизированным технологическим комплексом (АТК) может служить «ДИСПЕТЧЕР-1», которая представляет собой двухуровневую иерархическую систему с обратными связями, организованную в виде распределенной сети микро- и мини-ЭВМ [1]. Управление АТК состоит из последовательно выполняющихся фаз генерации, планирования, диспетчеризации, контроля, учета и регулирования, а сама СОУ реализует принцип управления с обратной связью по состоянию, который учитывает влияние на ОУ всех возмущающих воздействий.

Особенностью этой системы, является управление процессами функционирования АТК на основе интерпретации сетевых управляющих моделей. На вход СОУ поступает информация о конкретной конфигурации объекта управления ОУ, об условиях его функционирования, спецификации управляемых процессов, а также плановое задание и оптимизирующие требования. Вначале строится иерархическая структура управляющей модели АТК и формируется область значений оптимизируемых параметров. Выходом служит сетевая модель M_s процесса функционирования АТК и набор правил назначения приоритетов (PN_i). Отдельный блок реализует фазу оперативного планирования и оптимизирует параметры сетевой модели процесса функционирования с целью формирования M_s — управляющей модели АТК. Исходными данными являются сетевая модель N_n и кодированные параметрами получаемой управляющей модели правила назначения приоритетов, которые формализуют принятые в СОУ стратегии управления.

Организация управления на базе сетевых управляющих моделей позволяет говорить об инвариантности разработанного принципа к конкретному содержанию выполняемых технологических операций и конфигурации ОУ. Однако СОУ АТК реализована на основе решающих правил, а данный подход не позволяет получить высокой точности и оптимальности в управлении.

Одним из подходов в реализации систем управления АТК является **информационно-управляющая система АТК зачистки карточек и нанесения рисунка на них** [2,3]. Для данного процесса применена двухуровневая структура системы группового управления АТК. В указанной системе используется имитационная модель АТК, в качестве моделирующего аппарата которой используется теория сетей Петри. В имитационной модели все производственные ситуации (по рекомендации экспертов) разбиты на события, которым поставлены в соответствие предикаты $P_i = (i=1, n)$ и активные действия — переходы $t_j = (j=1, m)$. При этом продукции в виде «условие — действие» имеют вид: $P_1 \rightarrow t_1$; $P_2 \rightarrow t_2$; $P_4 \& P_6 \rightarrow t_3$ и т.д. Работа производственной системы состоит из последовательности итераций "идентификация — действие". Идентификация основана на сопоставлении условий из левой части правила

продукции с содержанием базы данных. Из множества правил, у которых совпали левые части, формируется так называемый конфликтный набор. Процедура разрешения конфликтов и информация о последовательности применимых к базе данных продукции составляет ядро стратегии управления производственной системой. Каждое выбранное действие вызывает изменение в множестве фактов, что необходимо учитывать при идентификации следующего по порядку правила.

Подход, применяемый в данной системе, позволяет формализовать функционирование АТК с использованием производственной системы на основе опыта и знания эксперта в каждом конкретном применении. Однако активные элементы АТК функционируют в недетерминированном пространстве ситуаций и для описания их поведения преимущественно используются различные формализмы на инженерном уровне. Следовательно, модели, созданные с учетом неполной информации об объекте управления, в большинстве случаев неадекватно описывают процессы, происходящие в реальных производствах.

Еще одним примером может служить система «ОПМЗ» [4], основанная на использовании объектно-производственной модели знаний для управления в реальном времени производственными и организационными комплексами. Система ОПМЗ является результатом декомпозиции производственной модели системы реального времени «ПРОДУС» [5], на основе объектно-ориентированного подхода. В ОПМЗ устранены такие недостатки производственной модели, как отсутствие средств структуризации и декомпозиции базы правил, механизма реального распараллеливания и повторного использования знаний. Объектно-производственная модель организована в виде иерархической семантической сети.

Одним из вариантов управления на основе продукции, является **система использующая символьное имитационное моделирование** [6]. Модель представлена активностями, которые отражают отдельные составные части или реакцию системы. Активности взаимодействуя между собой образуют единую законченную модель. Динамика имитации модели происходит путем пересылки сообщений между активностями. Эти манипуляции задаются правилами-продукциями, описывающими возможную реакцию каждой активности. Данный подход значительно упрощает формализацию и позволяет учитывать параллелизм, асинхронность процессов с учетом временных параметров, обеспечивает создание сложных иерархических моделей, а так же разрешение конфликтных ситуаций возникающих в управлении АТК. К недостаткам следует отнести невозможность оптимального управления за счет невысокой точности производственных систем.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что математические модели и методы управления, используемые в настоящее время для научных исследований и решения практических задач в управлении АТК, не лишены существенных недостатков. Главным из них является формализация с допущениями и интуитивная интерпретация управляющих решений человеком-экспертом. Это приводит к искажению информации об объекте и не обеспечивает его функционирование в оптимальном режиме. Поэтому для повышения эффективности работы АТК необходимо дальнейшее развитие их систем управления путем использования современных методов моделирования и оптимизации.

Разработка объектно-ориентированной модели АТК

Учитывая сложность АТК как объекта моделирования, многообразие его модификаций и реализаций для изготовления различных типов деталей и узлов, предложено для построения модели АТК использовать объектно-ориентированный подход (ООП) [7]. Преимущества ООП по сравнению с традиционным имитационным моделированием –

полнота и наглядность отображения элементов и функций исследуемого объекта, прозрачность процессов моделирования, простота модификации.

К достоинствам объектно-ориентированного подхода следует отнести следующее:

- простота систематизации и структурирования компонентов АТК;
- механизм наследования позволяет реализовать сложные иерархические модели для различных модификаций компонентов АТК;
- при создании объектов можно учесть асинхронность и параллелизм технологических процессов;
- возможность применения для АТК с произвольной компоновочной схемой без дополнительного перепрограммирования.

Учитывая модульный принцип построения АТК, в качестве объектов моделирования выбраны следующие типовые элементы АТК: гибкий производственный модуль, транспортный модуль, автоматизированный склад с локальными системами управления и систему управления АТК. Для указанных элементов были сформированы классы и созданы соответствующие объекты.

Объект GPM отображает параметры, состояние и функции гибкого производственного модуля (параметры - состав оборудования ГПМ и его характеристики; текущее состояние: ожидание, наладка, обработка детали, поломка и восстановление; основные функции – определение времен окончания операций наладки, обработки, завершения восстановления после поломки). Аналогично объекты ТМ и SKD моделируют работу транспортного модуля и автоматизированного склада по перемещению и складированию обрабатываемых на АТК партий деталей. Объект SU моделирует работу системы управления АТК, связанную с синхронизацией работы технологического и транспортно-складского оборудования, с запуском в обработку партий деталей, с учетом их прохождения по всем операциям производственного цикла. Свои функции объект SU выполняет посредством выдачи команд и контроля их выполнения. Для обеспечения взаимодействия между указанными объектами в модель включен еще один объект DS – диспетчер событий, который производит прием и распознавание команд СУ АТК и сообщений модулей, хранит в очереди, передает их адресатам. Схема взаимодействия объектов модели приведена на рис.1.

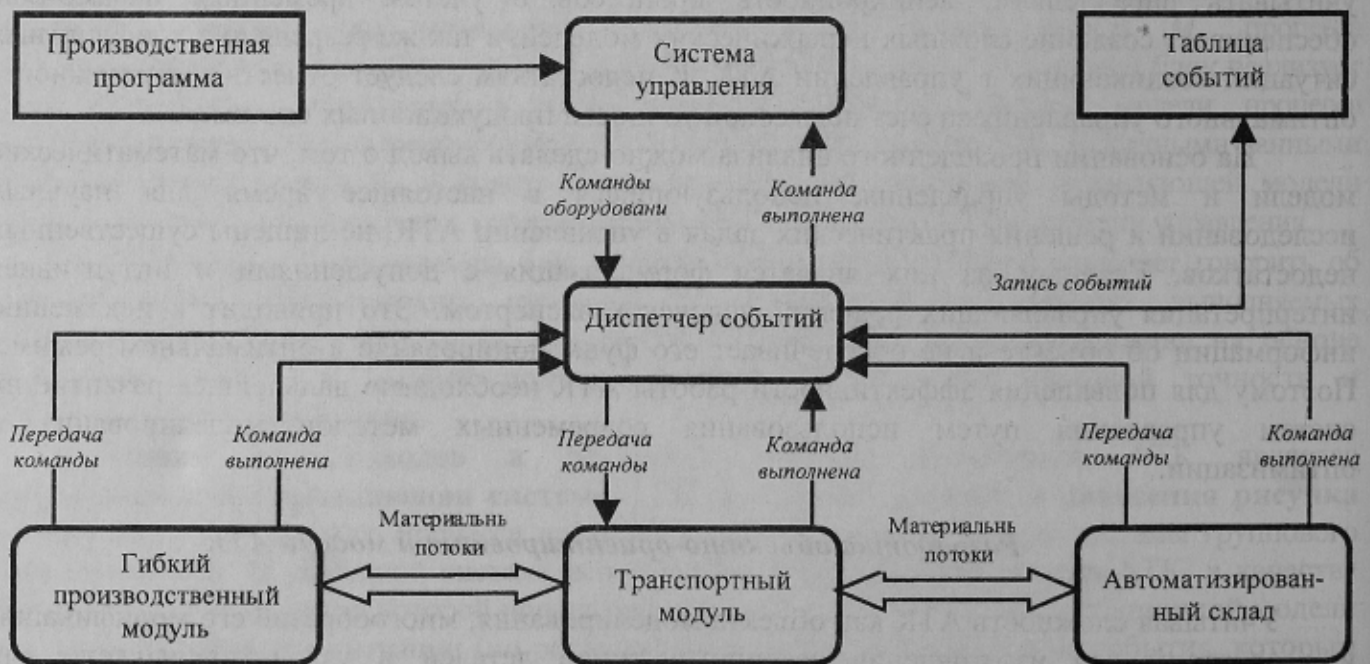


Рис.1. Схема взаимодействия объектов модели АТК.

На начальном этапе моделирования производится инициализация компонентов модели, при которой в объекты загружаются характеристики оборудования АТК, его размещение и другие параметры.

В процессе моделирования система управления (SU) взаимодействует с модулями (GPM, TM, SKD) с помощью диспетчера событий. Исходя из производственной программы АТК, наличия и состояния оборудования система управления формирует команды-задания модулям. Диспетчер событий (DS) получает от объекта SU эти команды, распознает их и передает модулям-адресатам. Получив команду, модуль выполняет соответствующую операцию и посылает объекту DS сообщение о её завершении. Диспетчер включает это сообщение в очередь событий модели. При наступлении времени совершения очередного события DS извлекает его из очереди и передает для анализа в систему управления. Фиксация всех команд и сообщений производится в выходной таблице событий модели АТК.

Объектно-ориентированная модель АТК программно реализована с помощью языка визуального программирования Delphi 5.5. Для хранения информации о составе, характеристиках и компоновке оборудования, об обрабатываемых деталях, о технологических операциях и др. разработана база данных в формате СУБД Paradox. Программа модели позволяет заносить, корректировать и считывать из нее параметры моделируемого АТК. Этим обеспечивается возможность хранить информацию и проводить модельные эксперименты для нескольких АТК с различной компоновкой и составом оборудования. В результате проведенных экспериментальных исследований с использованием реальных производственных данных для АТК механообработки деталей типа тел вращения определена достаточно высокая степень адекватности модели объекту (погрешность составляет не более 10%).

Полученная объектно-ориентированная модель может применяться как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации АТК. При проектировании с помощью модели можно определять рациональный состав и размещение оборудования. В процессе эксплуатации АТК применение модели позволяет определять загрузку оборудования, выявлять и устранять "узкие места", формировать расписание работы оборудования, используемое системой управления АТК.

Оптимизация расписаний работы АТК с использованием генетических алгоритмов

Для обеспечения высокой эффективности работы АТК, управление объектами такого класса должно базироваться на оптимальном расписании, которое позволяет организовать согласование во времени и в пространстве движение материальных потоков в производственной системе [1]. Однако, в общем виде данная задача не решена. Оптимальные решения получены лишь для простейших случаев, имеющих чисто теоретическое значение. Для получения приемлемых решений в допустимые сроки в основном применяются эвристические методы, построенные на использовании различных правил запуска деталей в обработку. Метод полного перебора невозможно применять в силу сжатых сроков формирования расписания. Преодоление указанных недостатков видится в применении эволюционных методов, в частности генетических алгоритмов (ГА), в основу которых положено эволюционное развитие и наследование биологических клеток (хромосом) [8].

В процессе работы генетический алгоритм формирует множество возможных решений (популяцию хромосом). Предлагается использовать в ГА двухуровневое представление хромосом, что позволит варьировать не только последовательностью запуска партий деталей, но и размерами этих партий. Хромосомы можно представить следующим образом:

$Chr^1_i = [m_1 , m_2 , \dots , m_N]$ - хромосома первого уровня

$Chr^2_i = [k_1 , k_2 , \dots , k_N]$ - хромосома второго уровня

где

m_i и k_i – натуральные числа, биты хромосом.

N – размер популяции.

Первый (или верхний) уровень хромосом кодирует различные варианты последовательностей запуска деталей по их типам на автоматизированный технологический комплекс. Каждой хромосоме первого уровня сопоставляется хромосома второго уровня, в которой содержится информация о величине партий запуска для каждого типа детали. Начальные решения (хромосомы первой популяции) формируются случайным образом, затем генетический алгоритм производит перебор очередности и размеров партий запуска, поступающих в обработку.

Для оценки эффективности хромосом предлагается использовать разработанную объектно-ориентированную модель АТК [3]. На выходе модели АТК формируется таблица результатов, которая является основой нового расписания. Функциональная схема поиска оптимального расписания с использованием объектно-ориентированной модели и генетических алгоритмов показана на рис.2.

Генетический алгоритм формирует множество возможных решений (популяцию) в виде набора хромосом, которые передаются в модель АТК как исходные данные. В процессе моделирования работы АТК формируется таблица событий, которая является основой для составления нового расписания. На основании результатов моделирования определяется значение критерия эффективности для заданного набора хромосом, которое передается ГА. Последний, в свою очередь, производит оценку полученных результатов и формирует новый набор хромосом. Таким образом, в процессе взаимодействия ГА и моделью АТК производится отбор наилучшего набора хромосом, обеспечивающего оптимальное значение критерия эффективности работы АТК.

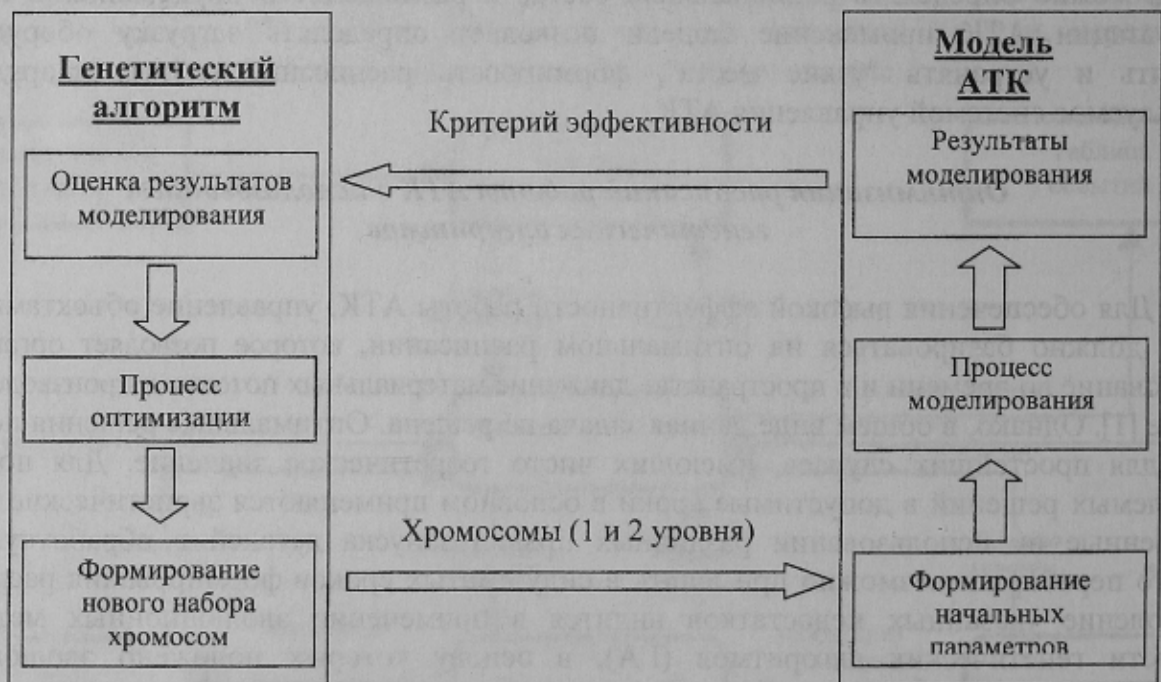


Рис.2. Функциональная схема поиска оптимального расписания.

В качестве критерия управления и оценки эффективности работы ГА возможно использовать наименьшее общее время выполнения производственной программы

(длительность производственного цикла) или максимальную загрузку технологического оборудования при выполнении ограничений по срокам выпуска деталей.

Программная реализация модуля поиска эффективного расписания работы АТК на базе генетического алгоритма выполнена с помощью языка визуального программирования Delphi 5.5. В результате проведенных экспериментальных исследований с использованием реальных производственных данных для АТК механообработки тел вращения с помощью генетических алгоритмов совместно с объектно-ориентированной моделью получены решения близкие к оптимальным (для сравнения применялся метод полного перебора, позволяющий получить оптимальное решение).

Заключение

Предлагаемый подход к совершенствованию методов управления работой АТК имеет две особенности. Первая особенность состоит в том, что для повышения эффективности расписания и обеспечения его адаптации к изменению производственной ситуации предлагается использовать метод эволюционного моделирования – генетические алгоритмы. Применение генетических алгоритмов позволяет получать в ограниченные сроки близкие к оптимальным расписания работы АТК. Вторая особенность заключается в том, что для повышения точности составления расписания, с учетом динамического взаимодействия технологического и транспортно-складского оборудования используется разработанная объектно-ориентированная модель работы АТК.

Проведенные исследования показали целесообразность и эффективность применения данного подхода в управлении автоматизированными технологическими комплексами.

Литература

1. Ямпольский Л., Банашак З., Хасегава К. и др. Управление дискретными процессами в ГПС. – Киев: Техника, 1992. - 256 с.
2. Ахмедов М.А., Волчкевич Л.И., Ахмедов Ш.Б. Информационно-управляющая система ГПС зачистки карточек и нанесения рисунка на них. – Автоматизация и современные технологии, 1997, №1. – с. 19-24.
3. Рагимов Ш.Б. Разработка программного обеспечения системы структурного моделирования гибких производственных систем для проведения компьютерного эксперимента. – Автоматизация и современные технологии, 2000, №9. – с. 13-16.
4. Кравченко В.А., Бураков С.Б. Объектно-продукционная модель знаний для управления в реальном времени производственными и организационными комплексами. – Приборы и системы управления, 1997, №5. – с. 24-27.
5. Кравченко В.А., Евсеев О.В., Нечаев А.М. и др. Математические модели и средства построения интеллектуальных систем реального времени для мониторинга, контроля и управления дискретными динамическими процессами. – Машиностроение, приборостроение, энергетика, М.: МГУ, 1995.
6. Сабинин О.Ю., Зверев В.В. Символьное имитационное моделирование технических систем. – Приборы и системы управления, 1997, №7. – с. 52-55.
7. Салли Шлеер, Стефан Меллор Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях. – Киев: Диалектика, 1993, 240 с.
8. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. - Таганрог: Изд. ТРТУ, 1998. – 242 с.