

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ МЕХАНООБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Лаздынь С. В., Секирин А. И.
Донецкий национальный технический университет,

Розроблено метод складання оптимальних розкладів роботи автоматизованих технологічних комплексів механообробки з використанням об'єктної моделі і генетичних алгоритмів. Розроблена структура системи підтримки прийняття рішень в управлінні АТК, яка забезпечує роботу комплексу в оптимальному режимі.

Введение. Одним из основных направлений развития машиностроения является создание автоматизированных технологических комплексов (АТК) на основе современного обрабатывающего и транспортно-складского оборудования. Координацию взаимодействия оборудования и функционирование комплекса в целом обеспечивает система управления путем выдачи команд на основе расписания и контроля их выполнения. Для эффективного управления такими объектами одной из главных задач является формирование оптимального или близкого к нему расписания работы оборудования, а также - динамическая его корректировка с учетом изменения производственной ситуации.

Поиску методов построения оптимальных расписаний посвящено достаточно большое число научных работ. Однако, несмотря на проведенные ранее исследования и выполненные разработки, данная проблема не получила окончательного решения и имеет актуальное значение [1].

Постановка задачи оптимизации управления работой АТК. Пусть рассматриваемый АТК состоит из L единиц технологического оборудования Q_l ($l = 1, 2, \dots, L$). Процесс изготовления деталей D_i ($i=1, \dots, n$) разбивают на технологические операции $O_{ij} = \langle N_{ij}, T_{ij} \rangle$, ($i=1, \dots, n$; $j=1, \dots, m$), где N_{ij} – номер группы технологического оборудования; T_{ij} – продолжительность выполнения операции.

Операция O_{ij} должна выполняться без перерыва с самого начала. Если обозначить через t_{ij} – время начала выполнения операции O_{ij} , а через \bar{t}_{ij} – момент окончания обработки, то должно выполняться равенство: $\bar{t}_{ij} = t_{ij} + T_{ij}$. Время начала операции зависит от времен выполнения предыдущих и

всегда выполняется неравенство: $t_{ij} \leq t_{ij+1}$. Тогда совокупность $\{t_{ij}\}$ ($i=1, \dots, n$; $j=1, \dots, m$), удовлетворяющих всем технологическим и временным ограничениям, является расписанием (G) работы автоматизированного технологического комплекса.

Задача оптимизации расписания заключается в том, чтобы для АТК с заданными технологическими маршрутами обработки деталей, определить такую последовательность запуска деталей в производство и размеры партий запуска, при которых целевая функция - критерий оценки качества расписания $F(G)$ стремится к экстремуму $F(\bar{G}) = \text{extr } F(G)$ при выполнении следующих ограничений:

- по объемам изготовления: $N_{\phi i} = P_i$,

где $N_{\phi i}$ – фактическое изготовленное количество деталей i -го типа ($i=1, \dots, n$); P_i - заданное в производственной программе количество деталей i -го типа.

- по срокам изготовления: $T_{\text{изг } i} \leq T_{\text{дир } i}$, $i=1, 2, \dots, k$,

где $T_{\text{изг } i}$, $T_{\text{дир } i}$ – фактический и директивный сроки изготовления i -ой детали.

- по фонду времени работы технологического оборудования:

$$\sum_{i=1}^n P_i \sum_{j=1}^m T_{ij} \leq R_l,$$

где T_{ij} – длительность выполнения технологической операции; R_l – ресурс l -ой группы оборудования ($l = 1, 2, \dots, L$).

При этом совокупность времени $\{t_{ij}\}_{\text{опт}}$, соответствующая экстремуму критерия $F(G)$ является оптимальным расписанием (\bar{G}) работы АТК.

В качестве критерия, по которому производится оценка оптимальности полученного расписания, могут использоваться следующие показатели работы АТК:

1. Длительность цикла изготовления деталей ($T_{\text{ц}} \rightarrow \min$).
2. Средний коэффициент загрузки технологического оборудования АТК ($K_{\text{з}} \rightarrow \max$).

Оптимизация расписаний работы АТК с использованием объектной модели и генетических алгоритмов. Для решения сформулированной выше задачи оптимизации расписаний работы технологического оборудования предложен новый подход, построенный на использовании объектно-ориентированного моделирования и генетических алгоритмов (ГА) [1]. Особенностью данного подхода является то, что решение определяется в процессе взаимодействия двух составляющих – объектной модели АТК [2] и модифицированного двухуровневого генетического алгоритма [3]. В результате формируется субоптимальное расписание, близкое к

оптимальному с заданной степенью точности для выбранного критерия $F(G)$.

Объектная модель АТК [2] построена как совокупность взаимодействующих моделей следующих типовых компонентов: гибкий производственный модуль, автоматизированный склад, транспортный модуль и система управления, описанных как соответствующие классы объектов. Данная модель позволяет получить последовательность и времена наступления всех событий в АТК, а также - определить различные показатели его работы: простои и загрузку оборудования, длительности циклов обработки партий деталей и др.

Разработан модифицированный генетический алгоритм [3], в котором использовано двухуровневое представление хромосом, что позволяет варьировать последовательностью запуска партий деталей на верхнем уровне и размерами этих партий на нижнем уровне:

$Chr^1 = [m_1, m_2, \dots, m_n]$ – хромосома первого уровня,

$Chr^2 = [k_1, k_2, \dots, k_n]$ – хромосома второго уровня,

где m_i и k_i – натуральные числа, кодирующие номера и размерности партий запуска соответственно; n – число видов партий запуска деталей в производство.

В процессе работы генетический алгоритм формирует множество возможных решений (популяцию хромосом), задающих очередность и размеры партий деталей, запускаемых в производство, которые являются исходными данными для объектной модели АТК. В результате моделирования определяется значение целевой функции для выбранного критерия оценки качества расписания $F(G)$ и формируется последовательность событий (операций), которая является основой для построения расписаний. ГА производит оценку полученных от модели данных, с помощью операторов кроссинговера, мутации и селекции формирует улучшенный набор хромосом, который снова передается в модель. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет найдено значение целевой функции $F(G)$, близкое к оптимальному.

Структура системы поддержки принятия решений в управлении работой АТК. На базе предлагаемого подхода разработана структура системы поддержки принятия решений в управлении АТК, функциональная схема которой приведена на рис. 1. Управление работой АТК осуществляется блоком диспетчирования на основе ранее составленного расписания путем выдачи команд в локальные системы управления (ЛСУ) и получения сообщений об их выполнении. После завершения очередной операции производится контроль возникшего отклонения от расписания Δ сравнением его с допустимым отклонением

$\Delta_{\text{доп}}$. Величина $\Delta_{\text{доп}}$ для каждой операции определяется величиной резерва времени в расписании. Если $\Delta \leq \Delta_{\text{доп}}$, то производится корректировка расписания с помощью объектной модели АТК. Так же постоянно контролируется состояние оборудования и в случае возникновения поломки анализируется время ожидаемого восстановления $T_{\text{в.ож}}$. Если $T_{\text{в.ож}} \leq T_{\text{в.доп}}$, то также производится корректировка расписания. Если отклонения превышают директивные сроки производится расчет нового расписания работы АТК с использованием модуля оптимизации на основе генетических алгоритмов (ГА). Оценка полученных с помощью ГА решений производится с использованием объектной модели АТК. Выбор и утверждение окончательного варианта расписания работы АТК производится ЛПР – диспетчером АТК.

Данная система позволяет максимально повысить загрузку технологического оборудования, существенно снизить длительность производственного цикла изготовления деталей, что в свою очередь, обеспечивает высокую эффективность функционирования автоматизированного технологического комплекса механообработки в целом.

Выводы. Разработан новый метод формирования оптимальных расписаний работы АТК механообработки, построенный на использовании объектной модели и генетических алгоритмов. Применение системы поддержки принятия решений позволяет обеспечить функционирование АТК в режиме, близком к оптимальному.

Литература:

1. Лаздынь С.В., Секирин А.И. Совершенствование методов управления автоматизированными технологическими комплексами механообработки на основе объектно-ориентированного подхода и генетических алгоритмов. //Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 38. – Донецк: ДонГТУ, 2002. – с. 169-175.
2. Секирин А.И. Построение объектно-ориентированной модели автоматизированного технологического комплекса механообработки. //Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 64. – Донецк: ДонТУ, 2003. – с. 223-232.
3. Лаздынь С.В., Секирин А.И. Оптимизация расписаний работы автоматизированных технологических комплексов механообработки с использованием генетических алгоритмов. //Международный сборник научных трудов “Прогрессивные технологии и системы машиностроения”, выпуск 25. –Донецк: ДонНТУ, 2003. – с. 198-20

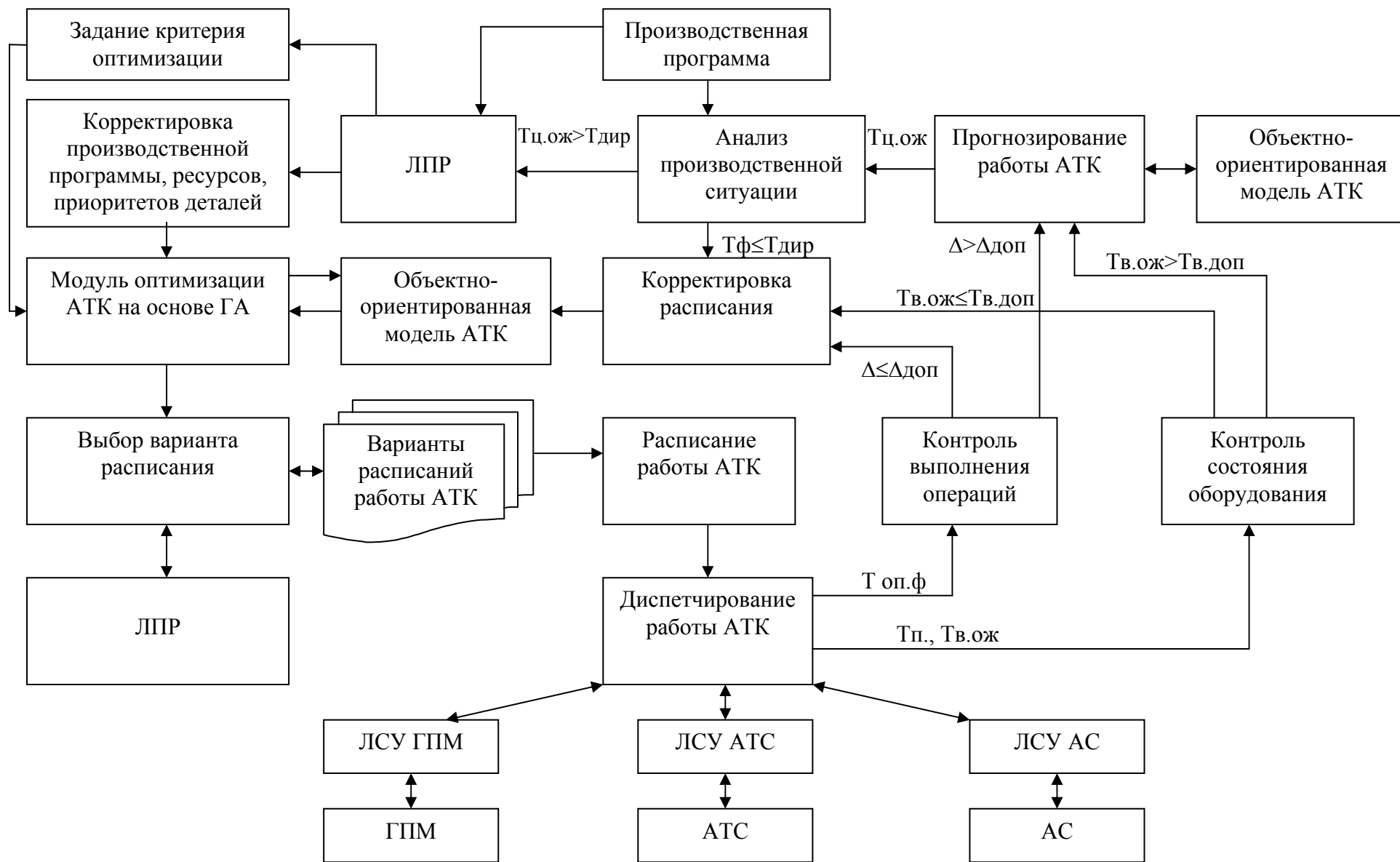


Рисунок 1. Функциональная схема работы системы поддержки принятия решений в управлении АТК