

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Г. Б. Бурдо

Тверской государственный технический университет, 170026, Тверь, Россия

УДК 621.311:658.26

Изложены принципы построения и результаты системных исследований функций, структуры и моделей интеллектуальной автоматизированной системы управления технологическими процессами в машиностроении.

Ключевые слова: управление технологическими процессами, искусственный интеллект, системный анализ.

The paper describes the results of research principles, functions, structure and models intelligence control system for technological processes in single-part and small-scale production.

Key words: technological process control, systems analysis, artificial intelligence.

Введение. В настоящее время в машиностроении произошли существенные структурные изменения, обусловленные прежде всего тем, что доля предприятий единичного (ЕДП) и мелкосерийного производства (МСП) возросла до 40÷50 %. К данному типу производств, как правило, относятся фирмы, занятые производством высокотехнологичных и наукоемких изделий. Существующие автоматизированные системы управления производством (АСУТП) оказались неэффективными, так как не учитывают специфику ЕДП и МСП (позаказная система планирования, отсутствие долговременных планов выпуска изделий (на 0,5–1,0 год), необходимость оперативных корректировок объемных планов и их увязки с календарным планированием) [1, 2]. Указанные факторы предопределяют значительно худшие технико-экономические показатели технологических подразделений (ТП) предприятий ЕДП и МСП по сравнению с соответствующими показателями предприятий серийного и крупносерийного производства (срывы сроков поставок, малая загрузка оборудования, высокая себестоимость и т. д.). Поэтому решение задачи интеллектуальной организации ЕДП и МСП востребовано промышленностью.

1. Постановка задачи. Использование АСУТП в ЕДП и МСП предполагает переоценку принятых принципов организации и управления производством в пользу многоуровневости, комплексности (организационно-технологические задачи), учета динамики состояния в ТП, высокой формальности и оперативности принятия решений за счет наличия элементов искусственного интеллекта. Для решения задачи интеллектуальной организации ТП разработано их математическое описание.

Все подсистемы: оперативного планирования (ОП), календарного планирования (КП), диспетчеризации (Д), управления работой на рабочих местах (мастера $\{R_j\}$) — взаимосвязаны, поэтому неэффективная работа любой из них приводит к сбою работы ТП в целом. Состояние ТП характеризуется множеством показателей $\{PK_j\}_i$ на каждом i -м уровне

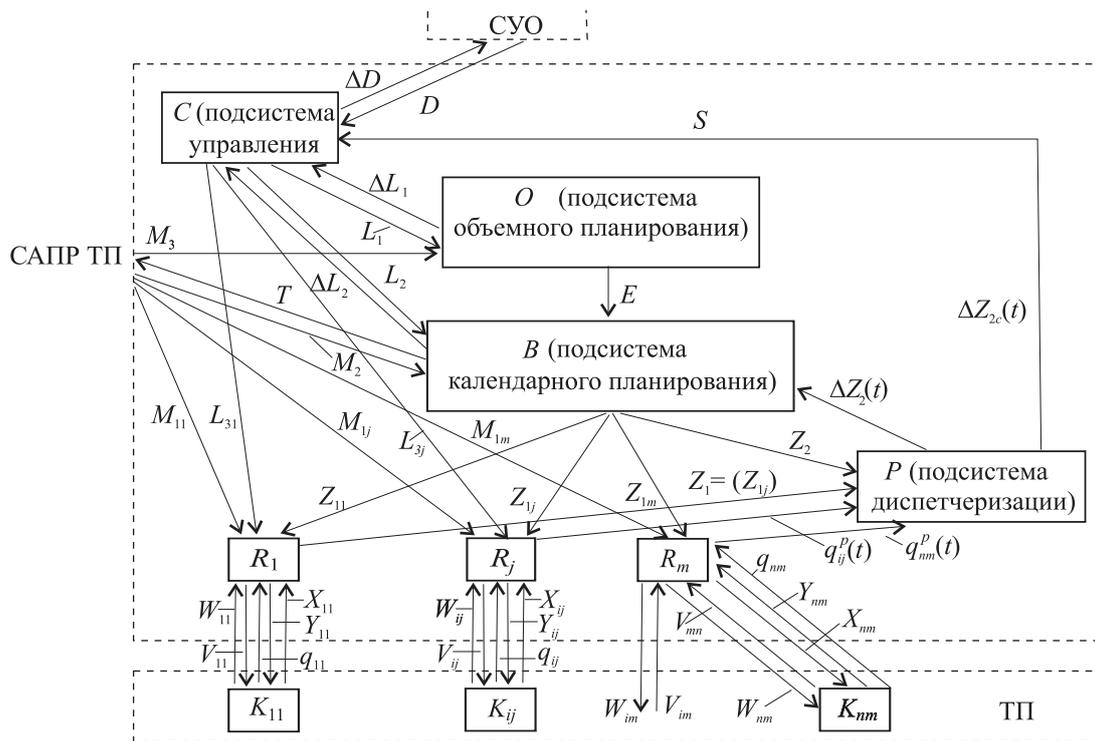


Схема АСУТП

управления, на показатели накладываются ограничения и устанавливаются области их допустимых значений ($ПК_{j\min}$ и $ПК_{j\max}$), характеризующие устойчивую работу ТП.

В процессе работы ТП определяют фактические значения показателей $\{ПК_{j\phi}\}$ и по различиям $\{\Delta ПК_{ji}\}$ с показателями $\{ПК_{ji\min}\}$ или $\{ПК_{ji\max}\}$ определяют тенденции их стремления к нулю, по которым формируют множества управляющих воздействий $\{YB_{ji}\}$, позволяющих ввести ТП в нормальное состояние функционирования, обеспечивающее выполнение объемного плана.

2. Иерархическая модель интеллектуальной системы управления технологическими подразделениями. На первом этапе разработана модель, в которой рассматриваются $ТП = \{K_{ij}\}$, где $\{K_{ij}\}$ — элементы (участки ТП), управляемые АСУТП, представляемой в виде операторов $\{R_j\}$, P , B , O , C (см. рисунок).

В силу системного принципа (подчиненность целей функционирования подсистем низшего уровня целям подсистем высшего уровня) АСУТП имеет связи с системой управления организации (СУО), а вследствие необходимости учета параметров состояния технологических подразделений при проектировании технологических процессов — с системой их автоматизированного проектирования (САПР ТП).

Операторы $\{R_j\}$, управляющие непосредственно $\{K_{ij}\}$, осуществляют контроль технологической дисциплины (ТД), распределение работ по рабочим местам (РМ), сбор информации о ходе выполнения работ и занятости рабочих мест. Для этого они используют следующие массивы данных: $\{Z_{1j}\}$ — множество параметров календарного плана-графика (КПП) выпуска деталей; $\{M_{1j}\}$ — множество параметров технологии; $\{Y_{1j}\}$ — множество параметров, характеризующих загрузку и число рабочих мест в $\{K_{ij}\}$; $\{V_{ij}\}$ — множество параметров, характеризующих соблюдение ТД; $\{L_{3j}\}$ — управляющее воздействие от подсистемы C с целью корректировки КПП; $\{W_{ij}\}$ — управляющие воздействия по соблюдению ТД; $\{X_{ij}\}$ —

управляющие воздействия с целью соблюдения КПП; $q_{ij}(t)$ — множество параметров, описывающих фактическое состояние РМ и КПП в момент времени t .

Подсистема P определяет, насколько $\Delta Z_2(t)$ и $\Delta Z_2^c(t)$ фактических КПП и числа РМ отстоят от границ, задаваемых в Z_2 для каждого K_{ji} участка ТП.

Подсистема B рассчитывает: 1) множество параметров КПП ($\{Z_{1j}\}$ для $\{R_j\}$ и Z_2 для P) на основании информации E (множество параметров ОП) и M (множество параметров маршрутной технологии); L_2 — множество параметров, характеризующих указания оператора C , предельные сроки реализации КПП, плановое число РМ; 2) отличие КПП от предельных значений расчетного ΔL_2 и фактическую загрузку РМ(t) для САПР ТП.

Оператор O рассчитывает множество параметров, содержащихся в объемном плане E , на основании L_1 (множество параметров, характеризующих планы выпуска изделий и число РМ) и M_3 (множество параметров, характеризующих трудоемкость), а также множество параметров ΔL_1 , характеризующих отличия рассчитанного ОП от заданного.

Подсистема C задает ОП (L_1) при его первоначальном формировании, итерационном уточнении, анализе КПП и корректировке по результатам его выполнения в ТП; разрабатывает множества параметров КПП (L_2) при его первоначальном формировании, при итерационных процедурах его уточнения и при корректировке на основе его фактического выполнения в ТП. Второй вид функций оператора C определяет множество параметров отклонения (прогноз) ΔD от планового задания D для системы управления организацией (СУО) путем анализа ОП, сформированного с учетом рассчитанных отклонений ΔL_2 и результатов его выполнения в ТП ($\Delta Z_2(t)$); третий вид определяет организационные аспекты управления (L_3) и служит для непосредственного управления $\{R_j\}$.

В рамках модели дано теоретико-множественное описание функций операторов (всего 29), которые в данной работе вследствие ограниченности объема не приводятся.

Функции операторов реализуются в человеко-машинном способе организации АСУТП, при этом оператором осуществляются функции распределения работ по подразделениям, составления прогноза для СУО, определения времени окончания итерационных процедур при составлении и корректировке объемных планов.

В САПР ТП используется информация от АСУТП. Это создает предпосылки для эффективного управления уже на этапе технологической подготовки производства, что можно также трактовать как принцип создания АСУТП.

Уточним постановку задачи на основе рассмотренной модели. Первая задача управления состоит в том, чтобы привести работу ТП (т. е. величину отличия $\Delta Z_2(t)$ от расчетных параметров КПП) в состояние, которое обеспечивает выполнение ОП (т. е. сроков выполнения контрактов), вторая — в том, чтобы на основе имитации работы ТП путем разработки КПП определить сроки выполнения новых контрактов.

3. Имитационная модель расчета календарных планов-графиков с элементами искусственного интеллекта. При расчете КПП имитируется работа ТП и определяются сроки прохождения деталей по рабочим местам. На первом этапе в данном интервале оперативного планирования (ИОП) длительностью пять дней с помощью производственных моделей всем работам присваиваются приоритеты (всего 6) [3]. Высший критерий (вне очереди) может присваиваться СУО. Остальные работы разбиваются на типы и получают приоритеты с помощью утверждений вида ЕСЛИ {тип работы <указание типа>} ТО {она имеет приоритет <номер приоритета>}.

Типы работ устанавливаются исходя из их назначения и сроков выполнения (работы по срочному заданию СУО; плановые работы текущего ИОП; работы по изготовлению средств

технологического оснащения для изделий планового периода; плановые работы следующего ИОП; исправление брака по работам текущего ИОП; работы из оперативных резервов мастеров; заказы с длительными сроками выполнения и т. д.). По мере перехода в следующий интервал оперативного планирования приоритеты меняются. Например, работы по изготовлению средств технологического оснащения для изготовления изделия являются более приоритетными, чем изготовление самого изделия, внеплановые работы из последующих ИОП являются менее приоритетными, чем текущие и т. д.; по мере перехода в следующие ИОП работы из низкопаритетных переходят в разряд высокопаритетных и т. д. Детали с более высоким приоритетом обрабатываются первыми, а если оборудование свободно, то обслуживается первая поступившая деталь.

Для деталей в пределах одного приоритета предложено несколько схем (всего 10) их прохождения по операциям на основе анализа состояния ТП, выбираемых с помощью продукций вида ЕСЛИ {<параметры ТП>} ТО {схема <номера схем>}.

Например: ЕСЛИ {<загрузка оборудования по деталепотоку снижается>} ТО {<первой обслуживается деталь с меньшей длительностью первой части технологического процесса (схема 1) или с меньшей длительностью первой операции (схема 2)>}. Строится расписание прохождения деталей по операциям по выбранным схемам, из них выбирается та, для которой общий цикл T по l партиям деталей минимален:

$$T = \max_{lqi} \{ t_{lqi}^k \} \rightarrow \min .$$

Здесь t_{lqi}^k — время окончания обработки e -й партии деталей на q -й операции на i -й группе станков с начала соответствующего ИОП. Расписание строится пошагово методом ветвей и граней.

Следует отметить, что в контексте принципа создания предпосылок для управления необходимо до начала реализации проекта АСУТП (или параллельно) сбалансировать типы и группы оборудования ТП по мощностям путем анализа номенклатуры выпускаемой продукции, что позволит в дальнейшем избегать появления “узких” мест в производстве.

4. Модель диспетчеризации технологических подразделений. Вследствие высокой сложности модели управления ТП разработан способ управления работой технологических подразделений на основе нечетных множеств по информации, содержащейся в $\Delta Z_2(t)$.

В качестве рассогласований введены следующие переменные: X_1 — объемное отставание (опережение) от КПП по технологическому подразделению, $\{X_{2i}\}$ — отставание (опережение) от КПП по i -м типам станков; $\{X_{3ji}\}$ — отставание (опережение) от КПП по j -м группам i -х типов станков; X_4 — скорость изменения объемных отставаний (опережений) за 1 день ИОП.

Каждая переменная задана терминами NB, ZR, PB ; первые три переменные определяются отношением рассогласования (часы) за ИОП (5 дней) к соответствующему однодневному фонду работы оборудования, последняя — отношением отставания за последние 2 дня к двухдневному фонду работы оборудования.

Управляющее воздействие Y — скорость объемной разгрузки (догрузки) ТП работами — имеет 5 термов: NB, NM, ZR, PM, PB и размерность, аналогичную X_4 . Функции принадлежности переменных и управляющего воздействия определялись методом экспертных оценок, имеют треугольные и трапецеидальные виды.

Управляющее воздействие находится по алгоритму нечетного вывода Мамдани по разработанной базе правил. База содержит 15 правил вида ЕСЛИ $\{X_1$ <терм X_1 > и X_{2ji} <терм X_{2ji} > и X_{3ji} <терм X_{3ji} > и X_4 <терм X_4 >} ТО $\{Y$ {терм Y }}.

На втором этапе Y доводится до участков (групп и типов станков) ТП, допустивших существенные отставания по параметрам $\{X_{zji}\}$, и определяются причины отставания (опережения) с помощью производственных моделей вида ЕСЛИ {<соотношение плановых и выполненных работ> и (больше, меньше) <соотношение планового и фактического фонда времени>} ТО {<возможные причины>}. Например: ЕСЛИ {<отношение отставания к плановому фонду времени> больше <отношения уменьшения фактического фонда времени к плановому>} ТО {<причины: 1) организационные; 2) ошибки нормирования>}. Затем причины анализируются операторами с целью их ликвидации.

Заключение. Указанные принципы и реализация на их основе моделей интеллектуальной организации АСУТП позволяют адекватно отразить процессы планирования и управления ТП и существенно повысить их эффективность. В настоящее время методика реализуется на одном из предприятий г. Твери [4].

Список литературы

1. ВУМЕК Д. П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Д. П. Вумек, Д. Т. Джонс. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008.
2. ПАЛЮХ Б. В., БУРДО Г. Б. Повышение эффективности управления технологическими подразделениями единичного и мелкосерийного производства // Вестн. Дон. техн. ун-та. 2009. № 4. С. 659–666.
3. РЫБИНА Г. В. Основы построения интеллектуальных систем. М.: Инфра-М, 2010.
4. ХАМАТДИНОВ Р. Т., ПАЛЮХ Б. В., БУРДО Г. Б. Управление производственными системами геофизического приборостроения // Каротажник. 2009. № 11. С. 81–102.

*Бурдо Георгий Борисович — канд. техн. наук, проф.
Тверского государственного технического университета;
тел.: 8 (4-822) 44-93-05, 8-910-532-66-25; e-mail: tehn@karotazh.ru*

Дата поступления — 30.08.2010