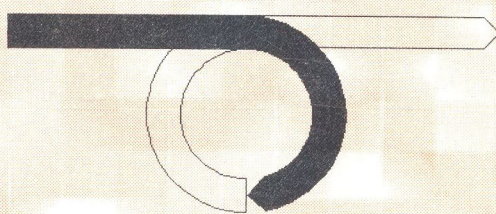


Українська Асоціація з автоматичного управління
Ukrainian Association of Automatic Control

МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ З УПРАВЛІННЯ
АВТОМАТИКА - 2000



INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL
AUTOMATICS - 2000

**ПРАЦІ
PROCEEDINGS**

3
SECTION

*Automatic control
in technical systems*

part 2

*Автоматичне управління
в технічних системах*

частина 2

3
СЕКЦІЯ

ЛЬВІВ • LVIV
ВЕРЕСЕНЬ • 11—15 • SEPTEMBER
2000

ЗАДАЧИ КООРДИНАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько

Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Рассматриваются подходы к синтезу структур систем управления сложными технологическими комплексами. В рамках этих подходов приводится постановка задачи управления запасами полуфабрикатов в условиях ресурсного конфликта.

Современный этап развития промышленности характеризуется усложнением технологических процессов, применением новых принципов управления, внедрением компьютерно-интегрированных технологий, что требует разработки научно-технических основ построения систем управления сложными технологическими комплексами, соответствующих указанным условиям и удовлетворяющих жестким требованиям относительно эффективности производства. Такие системы обладают следующими особенностями [1]: сложностью, обусловленной значительным количеством элементов различной физико-химической природы и разнообразием выполняемых ими функций; высокой степенью неопределенности параметров, целей, поведения; необходимостью гибкого оперативного изменения целевых многокритериальных установок, вызванной значительной лабильностью качественных характеристик сырья, полуфабрикатов и относительно большой частотой изменения ассортимента продукции; территориальной распределенностью; иерархическим построением; наличием сильных связей и интенсивного взаимодействия между технологическими и функциональными подсистемами; невозможностью строгой формализации моделей и алгоритмов вследствие наличия значительного количества нечеткой информации.

Задачи синтеза структуры систем управления сложными технологическими комплексами требуют применения специальных методов их решения с использованием принципов программно-целевого управления на основе агрегативно-декомпозиционного подхода [2]. Агрегативно-декомпозиционный подход базируется на формализованном описании элементов структуры и их взаимосвязей и включает последовательную декомпозицию выполняемых системой целей, задач, функций, рациональную с точки зрения интересов системы в целом. Формирование функциональных подсистем по временному признаку предполагает разделение общего процесса управления на планирование (стратегическое и тактическое) и оперативное управление. Состав подсистем, их содержание и взаимосвязи определяются целями и критериями, существующими ограничениями, должны отражать сложившуюся организационную структуру предприятия (отделения, цеха, установки большой единичной мощности) и структуру функций управления в каждом подразделении, а также возможные механизмы координации решений соответствующих задач. Отрицательное влияние отмеченных особенностей функционирования систем управления технологическими комплексами в сложных критических ситуациях на оперативность и качество решений по управлению необходимо устранять путем исключения оператора из временного баланса процесса управления, сохраняя при этом за ним определенные задачи, не требующие рутинной работы по обработке большого количества информации и срочного реагирования на создавшуюся проблемную ситуацию в режиме реального времени. По опыту разработки систем принятия решений в процессе управления в реальном масштабе времени существенное приращение эффективности достигается за счет автоматизации интеллектуальной деятельности операторов в структурах, реализующих принцип IPDI (по мере продвижения к высшим уровням иерархической структуры интеллектуальной системы в условиях увеличивающихся неопределенностей в выполнении прикладных задач) [3].

Перспективным представляется проводить синтез структуры систем управления сложными технологическими комплексами путем решения частных задач, отражающих важные аспекты конкретной

разрабатываемой системы управления, что позволит выделить область эффективных вариантов структур всей системы управления с последующим сужением этой области до конкретной структуры путем адаптации существующих аналогов модулей решения задач, не охваченных при синтезе структуры.

Синтез структуры системы управления характеризуется кортежем

$$SS < C, Z, P, F, Q, N > \quad (1),$$

где C - множество сценариев развития системы с учетом ситуаций и взаимосвязей между ними во времени, взаимодействия с внешней средой, возможных альтернативных ситуаций, начальных событий и данных об обстановке [4]; Z - система целей, отображающая иерархию целей, характеристики формулировки целей, длительности существования и способов реализации целей, условия и процедуры изменения целенаправленности системы; P - множество возможных принципов построения системы и ее элементов; $F(p)$ - множество функций управления, возможных для реализации определенного подмножества принципов управления $p \subset P$; Q - системы критериев эффективности управления; N - множество взаимосвязанных элементов физической структуры системы (технические и инструментальные средства, программное обеспечение, ЛПП).

В общем случае задача синтеза оптимальной системы управления сложными технологическими комплексами заключается в определении

$$J = \int_{t_n}^{t_k} \rho_a \{ [f \subset F_{(p)}] W [n \subset N] \} dt \rightarrow \min \quad (2)$$

$$c(t) \subset C \quad (3); \quad z(t) \subset Z \quad (4); \quad q(t) \subset Q \quad (5),$$

где W - операция отображения $F_{(p)}$ на N ; ρ_a - мера близости частных критериев $q(t)$ к своему "идеалу", объединенных по схеме $a \in A$ свертки частных критериев эффективности, адаптирующей к обстановке (A - множество схем свертки частных критериев эффективности); $[t_n, t_k] \in t$ - временной интервал, на котором проводится синтез структуры системы.

Задача (2) - (5) принадлежит к классу вариационных задач на условный экстремум. Получение строгого количественного решения невозможно из-за низкого уровня точности исходных данных, качественного характера описания некоторых характеристик, зависимостей. Поэтому задача (2) - (5) путем декомпозиции представляется в виде отдельных подзадач, каждая из которых решается наиболее эффективным для своего типа методом: эвристическим, целочисленного и динамического программирования, теории графов и сетей, с привлечением экспертов.

В соответствии с многоцелевым назначением структуры систем управления сложными технологическими комплексами должны соответствовать принципу гибкости, т.е. относится к полиструктурам, которые сочетают различные типы традиционных структур на разных уровнях управления и адаптируются к изменившейся ситуации. В качестве инвариант структуры в изменяющихся условиях управления можно выделить обобщенные уровни, которые в свою очередь могут быть многоуровневыми: уровни организации управления, планирования управления, координации управления и оперативного управления. В рамках адаптивной структуры системы управления сложными технологическими комплексами должна быть обеспечена возможность оперативного перераспределения имеющихся ресурсов в некотором временном интервале между объектами с целью упреждения возникновения или ликвидации последствий в кратчайшие сроки проблемных ситуаций. Несоответствие между целями системы и ресурсами, которые необходимы для их достижения, определяет проблему распределения ресурсов как проблему синтеза ресурсного компромисса. Перераспределение ресурсов проходит в условиях борьбы за ресурсы в виде конфликтного противодействия между технологическими объектами [5].

Пусть технологические подсистемы $ТП_j \in ТП$ (ТП - множество технологических подсистем, входящих в технологический комплекс), в процессе достижения некоторой цели Z_i взаимодействуют через поступающее на вход множество ресурсов $D = \{d_j\}$, используя которое ТП производит на выходе множество продуктов $R = \{r_k\}$. Задачу распределения ресурсов можно определить следующим образом: найти матрицу $[d_{ij} \mathcal{S}_{ij}(Y_i)]$, обеспечивающую экстремум функции полезности $E(Q(D))$, где $Q(D) = (q_1(d), \dots, q_m(d))$ - вектор критериев эффективности; $q_1(d) = q(d_{ij} \mathcal{S}_{ij}(Y_{ik}))$; $d_{ij} \geq 0$ - объем j -го ресурса, необходимого для реализации

цели Z_i при условии выбора k -й стратегии $Y_{ik} \subset Y_i$ (Y_i - множество стратегий для реализации цели Z_i); $\delta_{ij} = \{0,1\}$, $\delta_{ij} = 1$, если j -й ресурс назначается для реализации цели Z_i , $\delta_{ij} = 0$, в противном случае. Ресурсный конфликт рассматриваем в структурном представлении систем [5]. Если при взаимодействии технологических подсистем $ТП_i$ и $ТП_j$, $ТП_i \in ТП$ обеспечивает положительное относительно себя действие, увеличивая объем потребляемого ресурса на $\Delta d_i (d_i + \Delta d_i (ТП_i) > d_i)$ и тем самым повышая полезность достижения своей локальной цели

$$E_i [(d_i + \Delta d_i)(ТП_i)] > E_i [d_i(ТП_i)]$$

и при этом приращении $E_j (ТП_j)$ функции полезности $ТП_j$ уменьшается, то $ТП_i$ K_c $ТП_j$. Если $\Delta E_j (ТП_i) > 0$, $ТП_i$ K_c $ТП_j$; если $\Delta E_j (ТП_i) = 0$, $ТП_i$ K_n $ТП_j$, где K_k , K_c , K_n - соответственно отношения конфликта, содействия и нейтральности.

Решение задачи ресурсного распределения определяется следующим образом

$$q(d) = [q_1(d), \dots, q_s(d)] \rightarrow \underset{d \in \Phi}{Opt} \quad (6)$$

$$\Phi: f_k(d) \leq 0, \quad K = 1, K, \quad d = \|d_{ij}\|, \quad i = 1, i, \quad j = 1, J \quad (7)$$

где: q - вектор частных критериев качества ресурсного распределения; d - матрица, каждый элемент которой характеризует распределенное количество выбранного j -го вида ресурса на i -й элемент системы.

Одной из основных задач распределения ресурсов в технологических комплексах пищевых производств есть управление запасами. Особенно острой является проблема управления запасами полуфабрикатов. Вызвано это особенностями полуфабрикатов пищевых производств (потеря качественных кондиций из-за перебраживания, закисания, ухудшения вкусовых характеристик вследствие отклонений производительности оборудования от номинальной, аварийных остановок агрегатов и т.п.) Уровень запасов определяет и изменяет характер взаимоотношений между технологическими подсистемами от содействия (при рациональных объемах запасов) до разных форм конфликта, включая и антагонизм (при дефиците запасов или при их избытке).

Задачи управления запасами и оперативного управления производством решаются практически параллельно. Одним из основных критериев при решении задачи оперативного управления является обеспечение необходимой ритмичности производства. При этом производительность технологических подсистем ограничена наличными запасами полуфабрикатов. Целесообразно воспользоваться критерием ритмичности и при решении задачи управления запасами так, чтобы формирование задания на производительность технологических подсистем производилось с учетом перегрузки или недогрузки оборудования в различных технологических системах.

Управление запасами осуществляется на двух уровнях. На верхнем уровне управление ведется группами технологических подсистем или производством в целом. Это позволяет учесть задания, определенные на верхних уровнях управления, определить суммарный уровень производственного запаса полуфабрикатов, так и по видах полуфабрикатов. Управление сводится к удержанию уровня наличного запаса внутри ограничений, определяемых текущим и страховым запасами, а также в случае необходимости коррекции структуры запаса между разными видами полуфабрикатов с учетом готовности оборудования, его состояния, качественных характеристик сырья. Решения по управлению принимаются по обобщенным моделям календарного планирования по технико-экономическим критериям. Решением задачи управления на верхнем уровне являются уровни запасов $X_j = \{x_{ij}\}$, достигаемые в моменты t_j (j - вид полуфабриката).

На каждом уровне управления вырабатываются управляющие воздействия, направленные на изменения уровня запаса полуфабриката отдельного вида с учетом технологических и режимных особенностей конкретной технологической подсистемы (значения качественных показателей полуфабрикатов, режимных параметров, уровня технологических потерь и затрат), т.е. качество управления оценивается для каждого вида полуфабриката j по критерию

$$\Phi_j = \int_0^t [x_{ij} - h_j x_j(t)] dt \rightarrow \min_{U_{ij} \in U_j} \quad (8),$$

где $x_j(t)$ - текущее значение наличного запаса j -го полуфабриката; h_j - весовая функция

$$h_j = f(\vec{K}, \vec{R}, \vec{L}) \quad (9),$$

где \vec{K} - вектор качественных показателей полуфабрикатов, сырья; \vec{R} - вектор режимных параметров; \vec{L} - вектор показателей, отражающих особенности ведения технологических процессов, прогнозирования работы технологического оборудования.

Решение задачи управления на нижнем уровне производится с учетом ограничений:

$$0 \leq x_j(t) \leq X_{jv} \quad (10),$$

где X_{jv} - вектор величин возможных запасов j -го полуфабриката (определяется верхним уровнем управления или технологическим регламентом)

$$0 \leq U_j \leq V(t; x_j(t); V(t); Q_j(t); C_i) \quad (11),$$

где $V(t; \dots)$ - вектор текущих значений максимальной производительности по целевым полуфабрикатам соответствующих технологических подсистем, вычисленных с учетом состояния запасов $X_{(0)}$, наличия сырья и отгрузки готовой продукции $V(t)$, состояния технологических установок $Q_j(t)$, конфигурации технологической сети оборудования.

Система управления запасами в вышеприведенной постановке реализована в составе системы управления технологическим комплексом свеклоперерабатывающего отделения, внедренной на ряде сахарных заводов Украины.

Литература

1. Ладанюк А.П. Автоматизированные технологические комплексы в пищевой промышленности, - М.: АгроНИИТЭИПП. - 1990. - вып. 2. - 24 с.
2. Месарович М., Такахага Я. Общая теория систем: математические основы. - М.: Мир, 1978. - 311 с.
3. Saridis G.N. Analytical formulation of the principle of increasing precision with decreasing intelligence for intelligent machines // Automatica. - 1989. - № 3. - p.25.
4. Кульба В.В., Косяченко С.А., Швецов А.Р., Шелков А.Б. Управление в чрезвычайных ситуациях на базе сценарного подхода // Приборы и системы управления. - 1974. - № 11. - с. 14-15.
5. Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. - М.: Радио и связь, 1989. - 288 с.