

ФОРМАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОПЕРАЦИЙ И ЗАДАЧА ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проблема разработки и внедрения в практику научных методов исследования эффективности производства представляет особую актуальность.

Эффективность – это научная категория для обозначения единства соответствий, порождаемых действием функционально-целевой детерминизации объективных реальностей, в частности, таких как технологические процессы и целенаправленность операций этих процессов.

Эффективность любой целенаправленной деятельности в значительной степени определяется качеством решений, принимаемых управляющими органами разных уровней. В связи с этим важное значение приобретает задача совершенствования принципов и критериев принятия решений, которая существенно связана с построением достаточно адекватных (близких к оригиналу) математических моделей (аналитических или имитационных) реальных процессов.

Отметим также, что процесс синтеза (проектирования, организации) любого сложного объекта (технологического процесса, операции) имеет два четко выраженных этапа, называемых соответственно внешним и внутренним проектированием.

Исходя из физического смысла решаемых на этих этапах задач, их ещё целесообразно назвать этапами системно-агрегативного и структурно-параметрического синтеза.

Для формирования и представления целей ориентации технологического процесса (ТП), определения обобщённой ценности отдельных вариантов реализации конкретных ТП, а также для обоснования предпочтений при анализе альтернатив использование упорядоченного набора, включающего функциональную модель ТП (Fm_p) и критерии эффективности K , оказывается в общем случае недостаточным. Для реализации конкретного ТП необходимо учитывать степень выполнения ограничений, устанавливаемых на значения ряда выделяемых свойств ТП, представляющих как внешние Y , так и внутренние X свойства, а также параметры состояния среды, как правило, характеризуемые вектором Z . Внешние свойства ТП составляют два подмножества: 1) существенные (функциональные или свойства назначения) Y_n , т. е. те, которые подлежат непосредственной реализации при использовании объекта по прямому назначению; 2) утилитарные (нефункциональные) Y_u , присущие любому реальному объекту или

процессу наряду с существенными свойствами: $Y = Y_n \cup Y_y$. Внутренние свойства ТП X характеризуют физический, химический и др. процессы, а также техническую форму его реализации как принцип действия данного ТП.

Однородная составляющая вектора Z , одинаковая для всех находящихся в рассматриваемой среде объектов, описывает внешние условия Z_y (давление, температуру, влажность и т. п.), а другая составляющая – окрестностные условия Z_o (различные объекты, взаимодействующие с данным): $Z = Z_y \cup Z_o$ [1].

С учётом этих положений целевая модель ТП $M(t_p)$ может быть представлена упорядоченным набором или конечной последовательностью технологических операций (ГО), внешне связанных определённым положением в ТП:

$$M(t_p) = \langle Fm(t_p) Z', Y', X', K, \rangle, \quad (1)$$

где Y', X' – выделяемые свойства ТП, Z – параметры среды.

Модель $M(t_p)$ является средством:

- а) формирования, обобщённого описания и представления объективных и сопоставимых суждений о целевой ориентации ТП, единых и обязательных для всех заинтересованных сторон: заказчика или потребителя, пользователя ТП;
- б) формирования предпочтений при анализе альтернатив; оценки степени достижения заданной целевой ориентации ТП

С общих позиций логико-математические модели ТП обычно определяются как множества (M_1, M_2, \dots, M_k) с заданными наборами поименованных и в общем случае разноместных отношений (r_1, r_2, \dots, r_m) , т. е. $M(t_p)$ в сигнатуре Ω , представляющих набор идентификаторов (имён) отношений и входящих в её состав с указанием их местности, называют пару $\langle M, v \rangle$, где $M = \{M_i\}^k$ – базовое множество модели, v – инъективное отображение, которое сопоставляет каждое название (уникальное имя, идентификатор) с отношением R^n из сигнатуры Ω отношению r^n соответствующей местности [1].

В моделях технологических операций $M(ГО)$ будем квалифицировать множества (M_1, M_2, \dots, M_k) как базовые, если значения этих элементов могут быть непосредственно предметно интерпретированы как значения внешних или внутренних свойств ГО, значения свойств среды операции или свойств предметов последней

Координатами элементов отношений (r_1, r_2, \dots, r_m) , входящих в $M(ГО)$, могут быть как элементы базовых множеств (БМ), так и элементы независимо определяемых, вложенных отношений. Координаты элементов вложенных отношений, в свою очередь, могут быть элементами БМ или элементами других отношений, большей глубины вложения и т. д. Для описания схем связей координат в отношениях (r_1, r_2, \dots, r_m) , входящих

в $M(TO)$, могут быть использованы [2] передаточные функции, дифференциальные, разностные, регрессионные уравнения, табличные или словесные описания соответствия и т.д.

Упрощённый образ реальных ТО, который разработан для построения знаковых прежде всего логико-математических, моделей операций, представлен на рисунке 1.

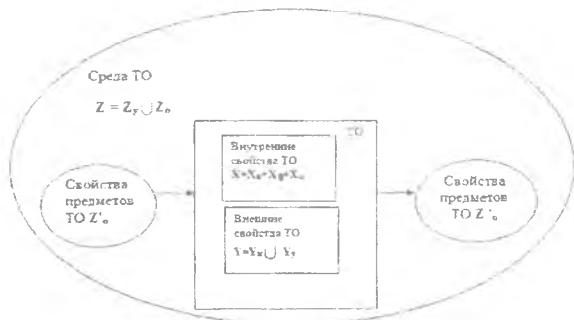


Рис. 1. Упрощённая модель ТО в среде

В среде ТО, характеризуемой вектором Z , будем, как это отмечалось выше, учитывать окрестностные условия Z_n и внешние условия Z_v : $Z = Z_n \cup Z_v$.

В окрестностных условиях среды ТО особо выделим:

предметы (материалы, полуфабрикаты, заготовки) ТО, состояние которых характеризуется составом и значениями ряда свойств (в общем случае как внешних, так и внутренних), т. е. вектором Z'_n ;

продукты ТО, состояние которых характеризуется вектором Z'_v .

Внешние условия среды ТО, описываемые вектором Z_v , отображают условия функционирования средств технологического оснащения (оборудования, оснастки), реализующего данную ТО; условия, в которых пребывают предметы и продукты ТО (температуру, влажность, запылённость окружающей среды, квалификацию рабочих), а также тип производства, в котором используется данная ТО – массовое, серийное, единичное, опытное.

В качестве внешних свойств ТО, характеризуемых вектором Y , выступают:

а) свойства назначения или функционирования Y_n , в числе которых Y'_n – главное свойство – способность преобразовывать предметы ТО в её продукт, т. е. $Y'_n: Z'_n \rightarrow Z'_v$; Y''_n – параметры производительности ТО (оцениваются показателями среднего значения и дисперсии процента выхода годного продукта, цикла операции, ритма выпуска, такта выпуска, числа одновременно изготавливаемых единиц продукта и др.);

б) утилитарные свойства Y_y , в числе которых Y'_y – параметры ресурсоёмкости ТО (оцениваются показателями трудоёмкости, материалоёмкости, энергоёмкости, фондоёмкости операции); Y''_y – показатели степени экологической безопасности ТО.

В качестве внутренних свойств ТО X будем рассматривать параметры, характеризующие естественный процесс (физический, химический, физико-химический) X_n и техническую форму или способ осуществления этого процесса X_ϕ , выступающие в качестве принципа построения/действия данной ТО, а также режимы функционирования технологического оборудования X_o , реализующего данную операцию. При этом $X \subseteq X_n \times X_\phi \times X_o$ и, соответственно, в общем случае внутренние свойства ТО могут описываться в терминах, лишь косвенно характеризующих естественный процесс, используемый в качестве принципа построения/действия данной ТО.

Функциональные модели ТО могут быть представлены описаниями базового множества, характеризующего важнейшие свойства продукта, предметов и самой ТО, а также описанием отношения отображения предмета ТО на её продукт в форме передаточной функции $F_n M(ТО) \subseteq Y \times Z$, $y \in Y_n$, $z \in Z$ или лексико-графическими средствами.

Структурные модели ТО представляются описаниями базового множества, характеризующего только выделяемые внутренние свойства операции $X = X_n \cup X_\phi \cup X_o$. Для отображения взаимосвязи внутренних свойств ТО обычно используется лексико-графическая форма, термины и условные обозначения той предметной области, к которой относится естественный процесс, выступающий в качестве принципа действия или построения ТО.

Функционально-структурные модели ТО представляются описаниями базового множества, характеризующего важнейшие свойства продукта, предметов, свойства назначения и выделяемые внутренние свойства самой ТО, а также табличным или словесным описанием отношения соответствия пары «продукт – предметы ТО» паре «естественный процесс – техническая форма реализации процесса», рассматриваемой в качестве потенциально возможного принципа действия для построения ТО:

$$F_n - StrM(ТО): Y \times Z \rightarrow X, y \in Y_n, z \in Z_o, x \in X. \quad (2)$$

Структурно-функциональные модели ТО представляются описаниями базового множества, характеризующего все выделяемые внешние и внутренние свойства ТО, свойства её продукта, предметов, среды реализации, а также описаниями отображений внутренних свойств ТО, свойств предметов и внешних условий среды на внешние свойства ТО и свойства её продукта. Обычно отношения, входящие в состав модели Str

– FпМ (ТО), представлены вектор-функциями, отображающими зависимость свойств: продукта ТО Z''_o от внутренних свойств ТО X , свойств предметов операций Z'_o и внешних условий среды ТО Z_y ;

самой ТО $Y = Y_n \cup Y_y$ от внутренних свойств операции $X = X_n \cup X_\phi \cup X_o$ и свойств среды $Z = Z_o \cup Z_y$;

$$S\pi - FпМ(ТО) = \begin{cases} Z''_o = f(X, Z'_o, Z_y); \\ Y = f(X, Z); \\ x \in X, y \in Y, x \in X. \end{cases} \quad (3)$$

Продуктивная модель ТО – операционная карта.

Спектр методов синтеза, анализа, оценки, интерпретации логико-математических моделей различных ТП, в том числе моделей ТО, непрерывно расширяется. Ценность средств прикладного программного обеспечения, подтвердивших в процессе длительной эксплуатации свою продуктивность, оказалась весьма высокой. Обмен частными проектными решениями между различными САПР, а также между САПР и банками объектографических данных становится всё более интенсивным. Эти и другие обстоятельства свидетельствуют о необходимости разработки стандартной обменной структуры, предназначенной на основе единого подхода типовым образом отображать в процессе проектирования (ПП) данные о различных состояниях всего спектра моделей ТП каждого данного класса.

Задача проектирования технологических операций в сблокированной постановке рассматривается как трехкомпонентная система

$$\langle D_a, D_{tr}^*, D_{ysl} \rangle, \quad (4)$$

где D_a – некоторый предмет задачи в актуальном (текущем, исходном) состоянии; D_{tr}^* – императивная (виртуальная) модель желаемого состояния этого предмета или модель потребного будущего [3]; D_{ysl} – условия, ограничения, которые должны быть выполнены в процессе перевода предмета задачи из его актуального состояния в требуемый.

По отношению к задаче проектирования (ЗП) компоненты системы (4) интерпретируются следующим образом:

D_a – заявка на объект проектирования (ОП), представляющая потребности и мотивы, относящиеся к некоторому фрагменту действительности. Эту заявку в ЗП представляет целевая модель искомого объекта $M(t_p)_i$;

D_{tr}^* – продуктивная модель ТП $M(t_p)_{tr}$ – комплект технической документации для изготовления или использования объекта в производственных условиях, которая отвечает требованиям определённых стандартов;

$D_{\text{вкл}}$ – условия реализации задачи или ограничения на временные, трудовые, материальные ресурсы Q , выделяемые для решения данной ЗП.

Под ЗП любых объектов, в том числе ТО, в дальнейшем принимается задача построения продуктивной модели объекта $M(t_p)_{\text{пр}}$, для которого определена целевая модель $M(t_p)_{\text{ц}}$ и установлены условия или ресурсы Q решения задачи. ЗП в обобщённой постановке может быть представлена кортежами

$$\text{ЗП} = \langle M(t_p)_{\text{ц}}, M(t_p)_{\text{пр}}, Q \rangle = \langle \langle \text{FnM}(t_p), Z', Y', X', K \rangle, \quad (5)$$

где компоненты Z', Y', X', K являются в общем случае векторами, имеющими свои размерности.

Требования к функциональным свойствам ТП задаются в постановке ЗП в форме модели $\text{FnM}(t_p) \subseteq Y_n \times Z$. Требования к условиям функционирования ТП Z' задаются допустимыми областями множества возможных состояний среды (внешних Z_y или окрестностных Z_o условий), а также продолжительностью функционирования Y''_n .

Требования к свойствам ТП помимо $\text{FnM}(t_p)$ ограничивают:

- а) допустимую область множества возможных значений внешних (существенных и утилитарных) свойств ТП Y' для всех $z \in Z$;
- б) допустимую область множества возможных значений внутренних (сущностных) свойств объекта X' , которые характеризуют принципы его построения/действия и обуславливают обладание множеством внешних свойств Y , согласованных с $\text{FnM}(t_p)$.

Границы допустимой области множества значений сущностных свойств объекта X' часто определяются ресурсами, необходимыми для изготовления или использования ТП. В общем случае ограничения могут касаться ресурса какого-либо одного вида (материалоёмкости интегральной или по конкретным классам материалов, трудоёмкости, энергоёмкости и т. д.) или одновременно нескольких видов.

Условия решения ЗП задаются допустимой областью значений ресурсов Q , выделенных для использования в процессе проектирования объекта. В качестве таких ресурсов обычно рассматриваются продолжительность решения, общая трудоёмкость, полная стоимость решения ЗП. При этом стоимость проектирования может выражаться не только в виде денежных расходов, но и в количестве дефицитных материалов, времени использования уникального оборудования и т.п.

Условия предпочтения в допустимой области множества возможных решений ЗП определяются следующим.

А. Критерием эффективности или совершенства (КЭ), функцией ценности или

качества объектов K , которые обобщённо характеризуют ценность данного ТП по ряду особо выделяемых его внешних и/или внутренних свойств, а также параметров функционирования (Y, X, Z). Последние признаются важнейшими по отношению к основной цели создания ТП, поэтому требования к ним представляется возможным и целесообразным формулировать только в виде ограничений. В общем случае, как это отмечалось выше, $K \subseteq Y \times X \times Z$.

Предпочтение должно быть отдано проектному решению с таким набором значений внешних $\hat{y} \in Y$ и внутренних $\hat{x} \in X$ свойства, реализуемых при $\hat{z} \in Z$, что

$$\bar{K}(\hat{y}, \hat{x}, \hat{z}) \geq K(y, x, z)$$

для всех допустимых $y \in Y, x \in X, z \in Z$.

Б. Оценочной функцией M , соотносящей внешние и внутренние свойства ТП при $z \in Z$ с затратами (ресурсами) Q , необходимыми для реализации процесса проектирования. В общем случае $M: (Y \times X \times Z) \rightarrow Q$, и оценочная функция M характеризует затраты, определяемые в виде различных ресурсов (временных, трудовых, материальных и т.п.), на создание объекта с данным набором свойств. Предпочтение должно быть отдано проектному решению с таким набором внешних $\hat{y} \in Y$ и внутренних $\hat{x} \in X$ свойств, реализуемых при $\hat{z} \in Z$, что

$$M(\hat{y}, \hat{x}, \hat{z}) \geq M(y, x, z)$$

для всех допустимых $y \in Y, x \in X, z \in Z$.

Таким образом, всё многообразие глобальных целевых ориентаций ЗП любых ТП сводится к двум: а) максимизировать эффективность K проектируемого объекта (допустимые затраты на процесс проектирования Q задаются в виде ограничений); б) минимизировать затраты Q (временные, трудовые, материальные), необходимые для реализации процесса проектирования (требования к внешним Y , внутренним X свойствам и условиям функционирования Z ТП задаются в виде ограничений).

Библиографический список

1. Коган М.С. Система и структура // Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник, 1983. – М.: Наука, 1983. – С. 86–106.
2. Гроп Д. Методы идентификации систем / Пер. с англ. Под ред. Е.И.Кринецкого. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
3. Вилкас Э.И., Майминас Е.З. Рецензия: теория, информация, моделирование. – М.: Радио и связь, 1981. – 328 с.