

УРОВНИ И СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВАРИАТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Тернюк Н.Э., Пилецкий В.Г., Сорокин В.Ф., Красноштан А.М., Хливняк
А.Г., Сальников В.Г.**

(ГП Институт машин и систем, г. Харьков, Украина)

Based on modeling and specialization of technical objects attributes, it was determined differences between the substance-energy-information flows in the technology systems. Determined and systematized the complete multitude of levels of these systems variability. Developed and classified the methods of variability providing. The common structures of technology systems with different levels of variability were synthesized.

Введение. Вариативность технологических систем есть их способность изменять свои атрибуты и свойства под влиянием внешних или внутренних факторов. Она играет ключевую роль в современной производственной сфере из-за многономенклатурности производства, стремления к ресурсосбережению, а также потребности обеспечения высшего качества продукции и услуг.

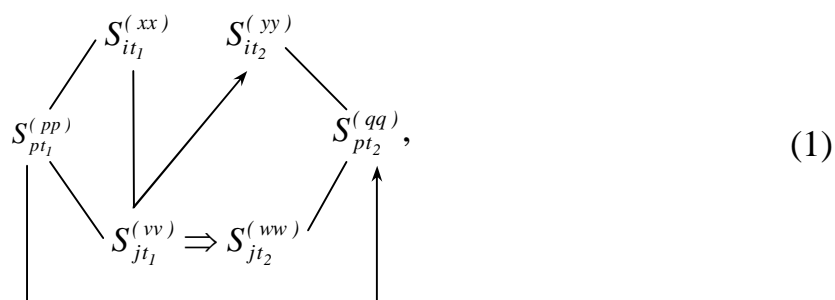
Вариативность может иметь различные уровни и обеспечиваться различными способами в зависимости от того, какие изменения происходят в системе.

Несмотря на наличие значительного числа исследований и большую практику применения гибких [1,2], трансформерных [3] и других технологических систем, допускающих вариативность, до сих пор в опубликованной литературе не приведены сведения о полном множестве уровней вариативности и способах их обеспечения. Это затрудняет решение многих вопросов, связанных с анализом, систематизацией и синтезом таких систем во многих отраслях производственной сферы.

Цель статьи – обоснование и анализ полного множества уровней вариативности и возможных способов её обеспечения в технологических системах общего вида.

Вопрос рассматривается на базе моделирования объектов и отношений с учётом развёртывания информации при синтезе сложных технических систем [4,5].

В качестве базовой модели объектов используется универсальный моделирующий блок [6], выделяющий в технологической системе находящиеся в среде преобразующую и преобразуемую подсистемы:



где $S_{\xi t_m}^{(zz)}$ - подсистема S_{ξ} , $\xi \in \{i, j, p\}$ в момент времени t_m , $m \in \{1, 2, 3 \dots\}$ в состоянии $zz = \{(xx, vv, pp), (yy, ww, qq)\}$; xx, vv, pp - начальные, yy, ww, qq - конечные состояния подсистем в моменты времени t_1 и t_2 соответственно. Индексы указывают

на принадлежность: i - к преобразующей, j - к преобразуемой подсистемам, p - к среде.

Двойная горизонтальная стрелка отражает целевое преобразование j -й подсистемы. Тонкие линии со стрелками – вынужденные преобразования i -й подсистемы, а также изменения среды.

Общую модель отношения C_{i-j} подсистем между собой, входящих в блок (1), можно представить в виде:

$$S_{it_m}^{(zz)} = \left\{ \left| S_{it_m}^{(zz)} \right|, \vec{P}_{ik}, k \in \{1, \overline{K}\} \right\} \quad C_{i-j} \quad S_{jt_m}^{(zz)} = \left\{ \left| S_{jt_m}^{(zz)} \right|, \vec{P}_{jl}, l \in \{1, \overline{L}\} \right\}, \quad (2)$$

где $\left| S_{\xi t_m}^{(zz)} \right|$ - структура подсистемы; \vec{P}_{ξ} - множество параметров подсистемы, определяющих вместе со структурой её состояние; K и L – количества учитываемых параметров в i -й и j -й подсистемах соответственно; C_{i-j} – оператор отношения i -й и j -й подсистем в момент времени t_m .

Исходя из того, что условием реализации технологии есть соответствие между объектом производства и технологическими средствами производства в границах принятой технологии, можно установить, что оператор C_{i-j} должен быть оператором соответствия.

При наличии объектов производства – j -тых подсистем, характеризующихся множеством мощностью N параметров, для соблюдения условия (2) должна быть соответствующая мощность L множества параметров средств производства – i -х подсистем при допустимых структурах.

Исходя из зависимости (2), с учётом (1), при заданном влиянии внешней среды, можно установить наличие следующих видов способов обеспечения вариативности технологических систем:

- изменение объектов производства (множества j -х подсистем);
- изменение средств производства (i -х подсистем).

На практике применяют оба вида способов, как правило, в их сочетании. Изменение объектов производства наиболее часто осуществляется на этапе их проектирования с учетом принципов групповой технологии или на этапе отработки изделий на технологичность. Изменение средств производства может достигаться на различных этапах жизненного цикла (ЖЦ) системы.

Поскольку, согласно зависимости (2), система характеризуется структурой и состоянием, то можно выделить типы способов обеспечения вариативности для каждого из указанных видов.

К первому типу можно отнести способы, основанные на изменении структуры системы, ко второму – на изменении параметров.

Для определения полного множества уровней вариативности систем следует рассмотреть возможные варианты изменения структур и параметров.

Общая структура системы зависит от структуры её ЖЦ. Модель ЖЦ можно представлять суммой из n фазовых циклов (ФЦ) [6]:

$$ЖЦ = \sum_{i=1}^n ФЦ_i = НЭ + ОЭ + ЗЭ, \quad (3)$$

где $НЭ \in \{(D+P+I+C+Z+H); O; (P+H)\}$; $ОЭ \in \{\Phi\}$; $ЗЭ \in \{L\}$,

НЭ, ОЭ, ЗЭ – начальный, основной и заключительный этапы жизненного цикла соответственно. *Д, П, И, С, З, Н, О, Р, Ф* и *Л* – фазовые циклы соответственно маркетинга и научных исследований, проектирования, изготовления, испытаний и сертификации, сбыта, наладки и обучения, обслуживания, ремонта, функционирования (работы), ликвидации.

Путем постановки в соответствие каждому фазовому циклу своей подсистемы из (1) с учетом (2), применяя принцип последовательного усложнения, можно получить модель общей структуры развивающейся технологической системы. Из такой структуры как частные случаи выделяются элементы множества возможных путей обеспечения требуемых свойств этой системы:

- использование без изменений существующей технологической системы с „универсальными„ средствами технологического оснащения:

$$\begin{array}{ccc} \dots \rightarrow S_{jt_1}^{(vv)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_2}^{(vw)} \\ & \uparrow & \\ & \dots \rightarrow S_{it_1}^{(xx)} & \end{array} \quad (4)$$

- использование существующей системы с переналадкой:

$$\begin{array}{ccccc} \dots \rightarrow S_{it_1}^{(xx)} & \xrightarrow{\quad} & S_{it_2}^{(yy)} & & \\ & \uparrow & \uparrow & & \\ \dots \rightarrow S_{jt_1}^{(vv)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_2}^{(vw)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_3}^{(ww)} \end{array} \quad (5)$$

- модернизация системы:

$$\begin{array}{ccccccc} \dots \rightarrow S_{jt_1}^{(vv)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_2}^{(pq)} & & \dots \rightarrow S_{it_3}^{(xx)} & & \dots \rightarrow S_{it_4}^{(xx)} \\ & \uparrow & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\ \dots \rightarrow S_{it_1}^{(xx)} & \xrightarrow{\quad} & S_{it_2}^{(xx)} & & S_{jt_4}^{(pv)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_5}^{(qw)} \\ & \uparrow & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\ \dots \rightarrow S_{jt_1}^{(vv)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_2}^{(vw)} & & & & \end{array} \quad (6)$$

- создание новой системы.

$$\begin{array}{ccccccc} \dots \rightarrow S_{it_1}^{(xx)} & \dots \rightarrow S_{it_2}^{(xx)} & \dots \rightarrow S_{it_3}^{(xx)} & \dots \rightarrow S_{it_4}^{(xx)} & & & \\ & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & & \\ \dots \rightarrow S_{jt_1}^{(vv)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_2}^{(vw)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_3}^{(vw)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_4}^{(vw)} & \xrightarrow{\quad} & S_{jt_5}^{(ww)} \end{array} \quad (7)$$

В зависимостях (6) – (7) с целью упрощения не показаны конечные состояния преобразующих подсистем. Нижними индексами обозначены подсистемы, относящиеся к ранее обозначенным фазовым циклам.

Изменение структуры системы путями (4) – (7) соответствует различной глубине вариативности. Очевидно, что глубина и возможности вариативности увеличиваются по мере усложнения системы.

Для выяснения взаимосвязей между глубиной вариативности, структурой системы и этапами синтеза системы можно воспользоваться методом последовательной конкретизации информации об объекте, подобно тому, как это обеспечивается при решении задач безаналогового синтеза технологических систем [4] и [5].

На рисунке 1. изображена общая последовательность конкретизации информации при решении задачи синтеза технологических систем с использованием информационной соподчинённости этих этапов.

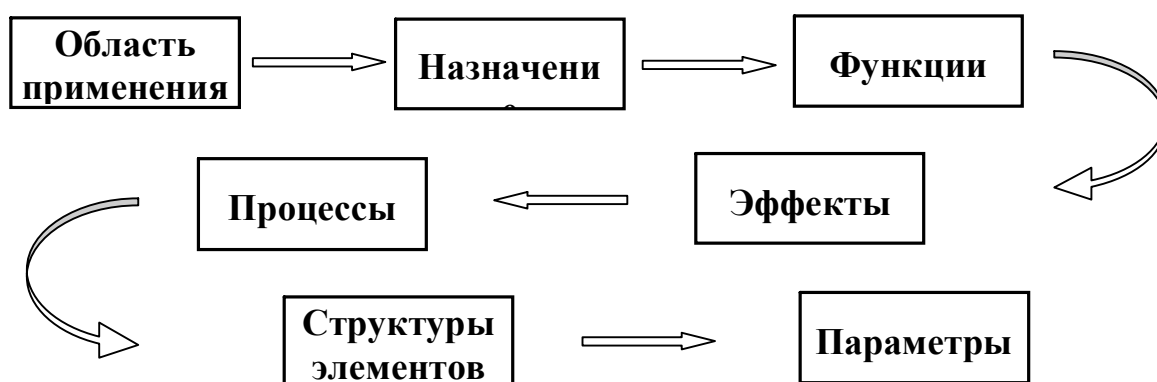


Рис. 1. Последовательность этапов конкретизации информации при синтезе технологической системы.

На первых двух этапах решается задача синтеза предназначенности системы. Первым этапом синтеза технологической системы является этап, связанный с определением области её применимости. Здесь можно выделить технологические системы, предназначенные для применения в одной, двух или множестве областей (сфер). Вторым этапом предусматривается определение предназначения технологической системы в пределах выбранных областей её применения. Бывают технологические системы с одним, двумя или множеством предназначений.

Вторая группа этапов предусматривает функционально-процессный синтез. В рамках предназначения выбираются технологические системы с одной, двумя или множеством функций (моно-, би- или полифункциональные системы).

Каждая из функций может реализоваться различными кластерами физических (химических, биологических и др.) эффектов. Вследствие этого, технологические системы могут иметь возможность использовать один, два или множество этих эффектов (принципов действия).

Проявления эффектов может по-разному структурироваться в технологические процессы. В соответствии с этим можно выделить технологические системы, имеющие один, два или множество видов технологических процессов.

На заключительной группе этапов производится элементный структурно-параметрический синтез. В соответствии с этим, могут создаваться системы с постоянной или переменной структурой.

При параметрическом синтезе параметры \vec{P}_g системы разделяются на те, которые изменяются до момента приведения системы в состояние функционирования

(конструктивные, в том числе – наладочные) и те, которые изменяются при функционировании системы (технологические, в том числе – параметры режимов).

Учитывая вышесказанное, можно выделить возможные виды и уровни вариативности систем так, как показано в таблице 1.

Под уровнем вариативности подразумевается количество разновидовых атрибутов в соответствии с этапами конкретизации информации (рис. 1), допускающих варьирование с учетом разделения параметров на конструктивные и технологические.

Минимальный уровень вариативности (на уровне параметров режимов) имеют жесткие технологические системы. Второй уровень вариативности соответствует параметрически гибким системам, допускающим изменение параметров наладки. Третий уровень имеет место, когда в системе изменяется структура элементов и связи между ними. Такая система может быть названа структурно-гибкой. Если система допускает изменение технологического процесса без изменения видов применяемых эффектов, она относится к четвертому уровню вариативности. При пятом уровне изменяется морфология системы. Она относится к трансформерной. Изменение функций системы – переход её в класс полифункциональных соответствует шестому уровню. Седьмой и восьмой уровни вариативности относятся к атрибутам надсистемы. При седьмом уровне изменяется предназначение, а при восьмом – область применения системы.

Таблица 1. Виды и уровни вариативности систем

Уровни вариативности системы	Способы обеспечения вариативности		Наименование системы
	Уровень изменяемых атрибутов	Вид изменяемых атрибутов	
1	Технологические параметры	Параметры режимов	Жесткая
2	Конструктивные параметры	Параметры установки	Гибкая параметрически
3	Структура системы	Структуры элементов и связей	Гибкая структурно
4	Технологический процесс	Структура и параметры системы	Гибкая процессно
5	Используемые эффекты (принципы действия)	Структура и параметры системы	Трансформерная по эффектам
6	Функции	Структура и параметры системы	Полифункциональная
7	Назначение	Структура и параметры надсистемы	С множеством предназначений
8	Область применения	Структура и параметры надсистемы	Многосферная

Выводы

1. Технологические системы общего вида могут иметь различные виды вариативности, определяемые возможностями изменения структур и параметров.
2. Уровни вариативности определяются видом изменяемых атрибутов системы.
3. Требуемый уровень вариативности должен определяться при синтезе систем с учетом постановки задачи, критерия оптимальности и принятых ограничений.

Список литературы: 1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE)/ – СПб.: Питер, 2004. – 560 с. 2. Костюк Г.І. Створення гнучких технологічних систем високої та надвисокої продуктивності на Україні. // Вісті Академії інженерних наук України. – 2006. – № 3 (30). – С. 144 – 153. 3. Осадчий Є.О. Трансформерні технології побудови машин і механізмів. – К.: Науковий Світ, 2004. – 168 с. 4. Беловол А.В., Тернюк Н.Э. Новый подход к проектированию гибких технологических систем высокой и сверхвысокой производительности для машиностроения. / Авіаційно-космічна техніка і технологія. 2003, № 39/4. С.117-121. 5. Тернюк Н.Э., Беловол А.В., Хунг В.Ф. Система структур технологических комплексов и метод их конкретизации. /Автомобильный транспорт. Сб. научн. тр. – Харьков: изд-во ХНАДУ. – 2005. – Вып. 18. – С. 91– 94. 6. Беловол А.В., Кордюк В.А., Тернюк Н.Э., Хунг Ф.В. Общие структурные модели машиностроительных технологических систем // Вісник національного технічного університету "ХПІ". – 2005. – № 23. – С. 17 – 24.

Сдано в редакцію 12.01.08

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ ПРОКАТА В ПЛОСКИХ ЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОРПУСОВ ПЛУГОВ

Томило В.А. Мочайло А.Г., Францкевич В.А. Сушко И.С., Казак М.М.
(БНТУ, ФТИ НАН Беларуси, МЗШ, г. Минск, Республика Беларусь)

It is shown that multi-leaf protective elements of plough body can be substituted by variable profile few-leaf elements that have 15 % - 30 % lower material consumption. The shape of variable profile of protective elements that ensure complete interchangeability with available constructions has been obtained by calculation method

Сложившийся производственный комплекс промышленности Республики Беларусь ориентирован на создание сложной, материалоемкой продукции, с использованием сырьевой базы, материалов и комплектации, ввозимых из-за пределов республики. Это во многом определяет необходимость оснащения производства наукоемкими технологиями, позволяющими решить целый ряд вопросов:

- снижение материалоемкости изделий;
- снижение энергозатрат и себестоимости;
- увеличение долговечности выпускаемых изделий;
- повышение качества и приведение продукции в соответствие с требованиями международных стандартов с целью повышения конкурентной способности изделий машиностроения.

Особую актуальность эти вопросы имеют для сельхозмашиностроения, являющимся одним из основных потребителей металлопроката в нашей республике. Наиболее перспективным направлением снижения материалоемкости энергозатрат и повышения производительности является уменьшение потребления традиционных сортментов проката черных и цветных металлов путем использования более экономичных периодических профилей, производимых непосредственно на машиностроительных предприятиях. Использование периодического проката в качестве полуфабрикатов для производства тяжело нагруженных деталей является важным аспектом увеличения их ресурса работы.

Несмотря на широкое распространение периодических профилей в подвесках транспортных средств, защитные упругие элементы почвообрабатывающей и другой сельскохозяйственной техники состоят из листов постоянного профиля. Во многом это