

Так, как конечное время  $T=2\pi$  при  $x_0=y_0=\pi$  можно снизить уровень распределенных колебаний до любого сколь угодно малого значения  $\varepsilon$ . Под уровнем колебаний можно, например, понимать полную энергию колебаний в области  $D$  или максимальное значение амплитуд отклонений и скоростей в области  $D$ .

**Литература.** 1. Дишкин В.А., Прудников А.П. Операционное исчисление, М., Высшая школа, 1975 г. 2. Бутковский А.Г. Методы управления системами с распределенными параметрами, Наука, М., 1975. 3. Бейтмен Г., Эрдейн А. «Высшие трансцендентные функции», Наука, м., 1968.

УДК 658.512.011.56

Д.Н. Свирский

## СИСТЕМА КОЛЛЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПАКТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

Проектирование компактной (т.е. ресурсонеизбыточной) производственной системы (КПС) требует параллельной согласованной работы многих специалистов [1], объединенных и вооруженных современными сетевыми информационными средствами (рис. 1), CALS-технологиями и т.п. Проектная группа, таким образом, представляет собой голоническую «систему коллективного интеллекта» (СКИ) [2,3], в которой субъектами проектирования выступают как отдельные проектировщики, так и небольшие тематические подгруппы. В условиях удаленного доступа при взаимодействии глобальной и локальных сетей СКИ реализуется в режиме «виртуального бюро» и/или «виртуального предприятия». Поддержка принятия проектных решений в СКИ осуществляется, в том числе, и с помощью интеллектуальных агентных систем [4].

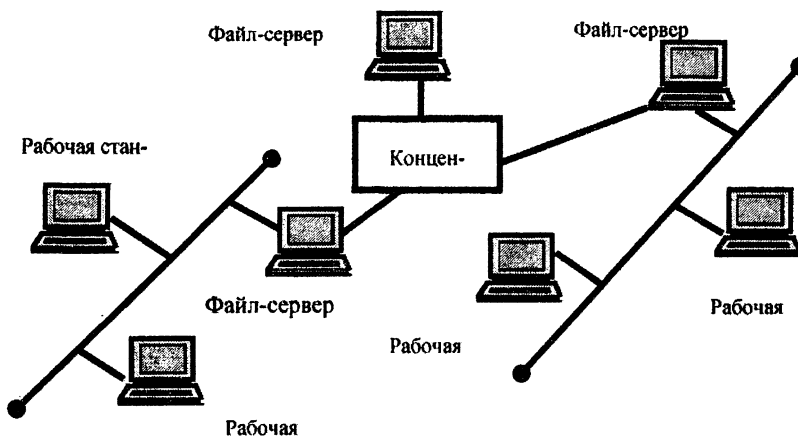


Рис. 1. Пример локальной сети гибридной топологии

Процесс построения КПС как сложной технической системы осуществляется последовательно в три этапа: макроструктурирование; структурно-параметрический синтез; адаптивная структурная настройка [5].

Этап макроструктурирования включает процедуры формирования профиля и тактико-технического облика КПС. Первая процедура основана на маркетинговом исследовании и решает задачу определения номенклатуры продукции, обеспечивающей

нормальное (т.е. прибыльное) функционирование КПС в течение расчетного периода. В результате первичного анализа рынка на основе разных источников информации выявляется некоторое множество товаров, производство которых с той или иной степенью вероятности будет высокорентабельным в течение расчетного периода. Одновременно прогнозируется емкость целевых сегментов рынка. Отобранные таким образом виды продукции анализируются с целью определения степени их технологической общности. Далее осуществляется предварительное организационно-технологическое группирование изделий. Для этого сопоставляются типовые технологические процессы их изготовления. Существенность технологической общности целесообразно оценивать с помощью критерия подобия операций с максимальными относительными приведенными затратами на их реализацию в сравниваемых технологических процессах. Таким образом осуществляется предварительное организационно-технологическое группирование изделий.

В результате вторичного анализа рынка формируется наилучший набор связанных (технологическими инвариантами) видов продукции. Таким образом формируется профиль КПС, т.е. область ее рентабельного функционирования в ассортиментно-валовом континууме потенциальных изделий и определяется конструктивный инвариант продукции. На последней стадии макропроектирования формируются тактико-технические характеристики КПС, и уточняется технико-экономическое обоснование проекта.

Структурный синтез осуществляется на основе рассмотренных ранее принципов построения КПС и использования результатов предыдущего этапа проектирования. Структура комплекса технических средств КПС имеет ярко выраженный модульный характер. В процессе выбора технических средств КПС решается задача параметрического синтеза, т.е. определяются числовые значения номиналов параметров при условии обеспечения требуемых функционально-стоимостных показателей системы в целом.

Процесс проектирования КПС после ввода ее в эксплуатацию продолжается в форме непрерывного совершенствования структуры системы в процессе функционирования последней, т.к. изменяющиеся условия внешней (рыночной) среды делают необходимой оперативную адаптацию производственной системы, ее адаптивную структурную настройку. Для решения этой задачи применяется метод СМД-программирования, предусматривающий, в частности, следующие шаги:

- построение идеальной картины функционирования КПС;
- ситуационный анализ текущего состояния системы и рыночной среды;
- определение опорных точек в траектории развития КПС;
- разработка и реализация подпрограмм развития КПС в опорных точках [6].

Процедуры третьего этапа проектирования в общих чертах повторяют первые два этапа, однако, их результаты носят более локальный характер, ограничиваясь частными изменениями структуры и параметров лабильного адаптера, не затрагивая модуль технологического инварианта. В процессе функционирования КПС накапливается информация о соотношении функциональных и стоимостных параметрах инвариантного и адаптивного модулей. Это позволяет более точно выбирать наилучшее соотношение затрат на реализацию функциональных модулей КПС.

Субъектная модель совместного многоаспектного проектирования (рис. 2) дала возможность применить для его формального описания и создания информационно-технического обеспечения тензорную аналогию.

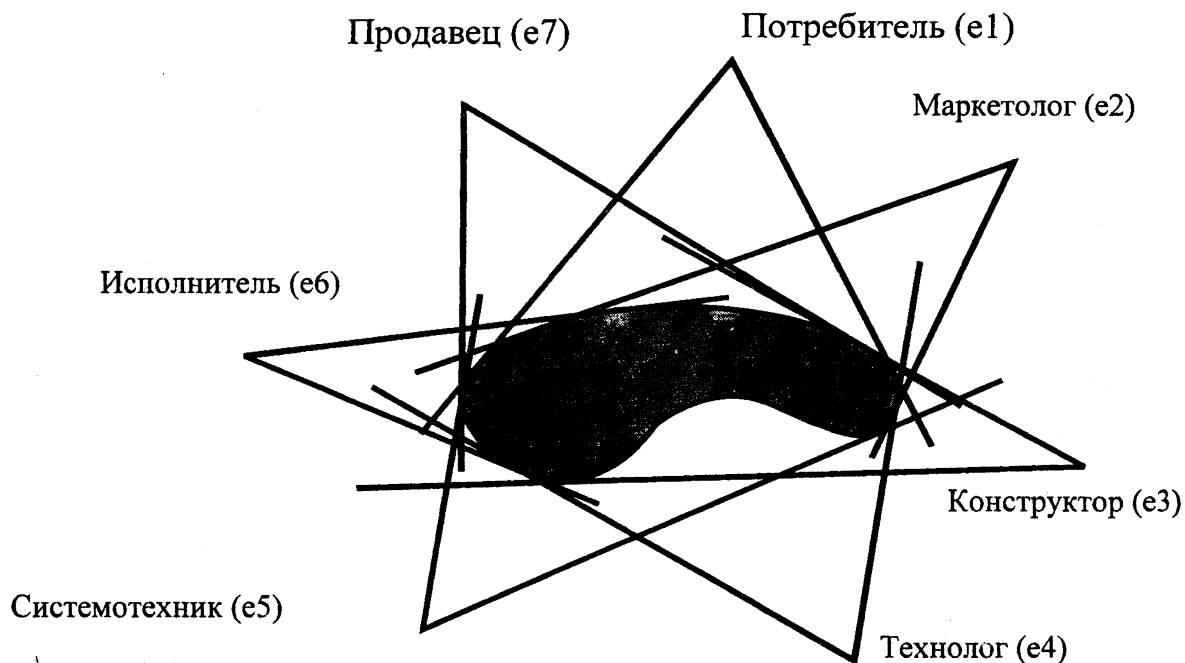


Рис. 2. Субъектная модель производственно-коммерческого цикла

На каждом этапе коллективного проектирования основополагающим моментом является новое состояние изделия (продукции). Проводя геометрическую аналогию, можно сказать, что профессиональный смысл семантического инварианта продукции представляет собой некоторую область в соответственно  $n$ -мерном координатном семантическом пространстве каждого из субъектов коллективного проектирования. Переход от одного семантического пространства к другому формально может быть описан с помощью тензора:

$$t_i^j : e_j = t_i^j e^i.$$

Расширенная тензорная алгебра является реляционно полной. Однако наряду с традиционно выполняемыми реляционной алгеброй структурными преобразованиями отношений тензорная алгебра работает также и с количественными характеристиками, что делает этот формализм более мощным и перспективным для использования при моделировании данных в информационных системах автоматизированного проектирования.

Тензорный подход к моделированию и организации информационного обеспечения интеллекта позволяет осуществлять как непосредственный переход от одного пространства к другому, так и использовать «обходной» путь через компоненты тензорной базы данных более низкого уровня, т.е. с любой степенью детализации (рис. 3).

В работах [6, 1, 8] приведены примеры реализации фрагментов тензорной базы проектных данных, обеспечивающие маркетингово-конструкторский, конструкторско-технологический и технико-экономический интерфейсы соответственно. В настоящее время тензорный подход используется сотрудниками Центра компьютерного проектирования ВГТУ при разработке под научным руководством автора программного обеспечения функционирования интеллектуальных агентов в СКИ для организации и управления КПС на предприятиях машиностроения и легкой промышленности.

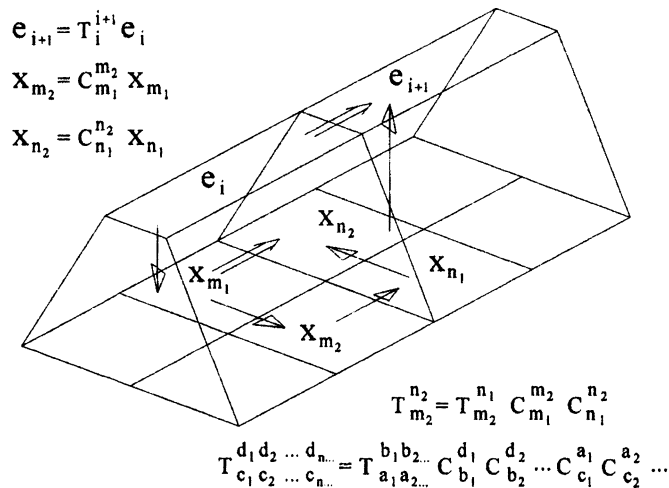


Рис 3. Общая схема тензорных преобразований информационных пространств

**Литература.** 1. Свирский Д.Н. Компактная производственная система как объект автоматизированного проектирования. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 48с. 2. Ракович А.Г., Свирский Д.Н. Коллективный интеллект в проектировании компактных производственных систем // Проблемы создания информационных технологий, Вып. 2, т. 2. – Минск: МАИТ, 1998. – С. 28 – 35. 3. Rakovich A.G., Svirsky D.N. The intelligence system for simultaneous design and management of compact manufacturing // Proc. Int. conf. on systems and signals in intelligent technologies. – Minsk: BSU, 1998. – P. 188 – 192. 4. Svirsky D. Compact manufacturing systems structural synthesis automation // Communications. 2000. – 1. – P. 51 – 56. 5. Svirsky D.N. Compact integrated system design modelling and its design process simulation // Proc. 8<sup>th</sup> IFAC Symp. on computer aided control systems design. – Salford: Univ. of Salford, 2000. 6. Завацкий Ю.А., Свирский Д.Н. Модель преобразования информации при коллективном принятии решений в технической подготовке производства // Моделирование и информационные технологии проектирования. Вып. 3. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – С.99– 106. 7. Горюшкина Н.И., Свирский Д.Н. Применение матричного метода для оценке эффективности функционирования предприятия // Машиностроение, Вып. 17. – Минск: БГПА, 2001. – С. 509-513.

УДК 658.512.011.56

Д.Н. Свирский

## СALS-ТЕХНОЛОГИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ КОМПАКТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

Компактная производственная система (КПС) представляет собой эргатический комплекс, сочетающий свернутость в пространстве и времени с минимально необходимым уровнем функциональной и ресурсной избыточностью и поддерживаемый высокоинтеллектуальными компьютерными технологиями проектирования, мониторинга и