



Рис.2 Схема описания изделия по стандарту ИСО 10303 (STEP)

Литература. 1. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с. 2. Свирский Д.Н. Компактная производственная система как объект автоматизированного проектирования. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 48 с.

УДК 004.9+004.896

В.М. Седенков

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Мотивы и обоснование исследования. Проектирование как получение адекватного логического образа будущего объекта, предваряющего физическую реализацию последнего, имеет явную тенденцию стать повседневной необходимостью и стандартом культуры не только разработчиков новой техники. Кроме машин проектировать нужно сооружения и учебники, законы и социальные программы, бизнес-стратегии, медицинские инструменты, алгоритмы – иначе говоря, все, что человек намеревается создать. И если разнообразие объектов проектирования отобразить в множество процессов проектирования и, соответственно, – в разнообразие средств воспроизведения последних, то на физическую реализацию проектов ресурсов человечеству может просто не хватить. *Вывод первый:* процесс проектирования един и не должен зависеть ни от разрабатываемого объекта, ни о категории пользователя – будь то элитное КБ или группа студентов.

Впечатляющие динамика и разнообразие рынка средств компьютерной поддержки проектирования не отражают уровня реальной автоматизации этого процесса. Несмотря на обилие *подсистем* автоматизированного проектирования, собрать из них технологичную, эффективную и жизнеспособную *систему* проектирования невозможно, в силу чего программы автоматизации проектирования, как в рамках отдельного предприятия, так и на уровне государства в целом остаются перманентно затратными и трудно исполнимыми. *Вывод второй:* в отсутствие системы проектирования процесс размножения ее подсистем бесконечен и подводит автоматизацию проектирования к той грани, когда затраты на нее все в большей степени перекрывают достигаемый эффект.

Источником большинства проблем и центром внимания остается процесс проектирования (*ППП*). Отсутствие его полного формального описания не позволяет, с одной стороны, строить эффективные системы воспроизведения процесса (*СВП*), а с другой – эффективно обучать проектированию. Надежды на решение этих проблем связывались с созданием общей теории проектирования:

$$ТП \prec ППП \prec СВП .$$

Однако многочисленные попытки разработать такую теорию к успеху пока не привели. На наш взгляд, если такая теория и существует, она может стать лишь обобщением частных теорий проектирования, основу каждой из которых составляет *концепция проектирования* (*КП*), т.е. способ формирования (синтеза) состояния проекта, включая начальное:

$$КП_i \prec ППП \prec СВП \prec ТП_i, i=1,2,\dots$$

Чаще всего в качестве *КП* принимается выбор и/или различные способы модификации с обратной связью имеющегося прототипа проекта. Однако при разработке новых или конкурентноспособных объектов прототипа либо нет, либо от него желательно абстрагироваться. В этом случае прототип остается только синтезировать, причем одновременно с алгоритмом его функционирования. В такой постановке задача структурного синтеза (*ЗСС*) неразрешима [1].

$$КП_i \prec ЗСС \prec ППП \prec СВП \prec ТП_i .$$

В то же время *ЗСС* является неотъемлемой составляющей *ППП*, и неполнота формального описания последнего обусловлена, в первую очередь, отсутствием формального решения *ЗСС*.

Кроме полноты, предъявим к описанию *ППП* еще два важных требования: регулярность (она позволит избежать нагромождения привлекаемых в описание средств и методов и упростит реализацию *СВП*), и независимость описания от предметной области (что позволит иметь единый процесс для проектирования различных объектов).

При этом возникает следующая коллизия. Поскольку структура *ППП* не может не отражать структуры разрабатываемого объекта, то описание последней также должно быть независимым от конкретного объекта. Следовательно, встает задача поиска соответствующего представления (модели) целевого объекта (*ПЦО*).

$$КП_i \prec ЗСС \prec ПЦО \prec ППП \prec СВП \prec ТП_i .$$

В соответствии со способом построения аппроксимирующих моделей, предложенным в [5], синтаксическая структура модели целевого объекта должна быть заимствована у некоторого иного объекта (донора), что порождает задачу выбора и поиска представления объекта-донора (*ПДО*).

$$КП \prec ЗСС \prec ПДО \prec ПЦО \prec ППП \prec СВП . \quad (1)$$

Вывод третий: решение рекуррентного ряда задач (1) является необходимым условием формирования частной *ТП*, т.е. теории проектирования в рамках выбранной концепции формирования проекта. Опишем предлагаемые решения.

КП. Логический образ (описание) будущего объекта не рождается одномоментно ни в мыслях разработчика, ни в среде компьютерной поддержки проектирования. В ходе разработки объект эволюционирует. Следовательно, эволюционная концепция проектирования, являясь наиболее естественной, должна быть реализована и в *ППП*. При этом имитации подлежат три основные категории эволюции: изменяющаяся во времени среда функционирования объекта, искомый объект, эволюция которого состоит в адаптации к изменениям среды, и время эволюции.

ЗСС. Задача структурного синтеза имеет неразрешимость второго рода, когда ответ по задаче существует, а решения (алгоритма получения ответа) нет. Это значит, что для *ЗСС* существует сопряженная, доставляющая ответ задача, которую нужно идентифицировать и формализовать. В качестве сопряженной для *ЗСС* назовем задачу доказательства воспроизводимости процесса, представленного своей схемой. Для решения этой задачи потребовалось разработать информационную технологию, описание которой приведено в [3] и базой для которой послужила структурная теория процессов [2].

ПДО. Здесь мы должны построить модель среды функционирования искомого объекта как среды адаптации его проекта. Пусть такую среду формирует множество процессов, в окружение которых объект попадает после своей физической реализации. Механизм структурирования этого множества, описанный в

[3], позволяет построить синтаксическую модель среды, представленную трехмерным пространством (&-кубом) однородных интервалов, семантика каждого из которых описывается совокупностью задаваемых для объекта *Условий* функционирования, *Требований* или *Ограничений*.

ПЦО. Задача представления целевого объекта предполагает два различных решения. Одно из них ориентировано на синтез и было получено (*S*-граф) средствами структурной теории процессов. Другое решение – в форме синтаксической структуры объекта – предназначено для отображения в синтаксическую структуру процесса проектирования, его мы попытаемся найти сейчас.

Синтаксическая структура какого-либо объекта может быть получена либо на базе его декомпозиции, либо через заимствование, либо комбинацией этих вариантов. Последний способ выбираем в качестве приемлемого. При этом сначала осуществим *синхронную* декомпозицию виртуального объекта [2] (т.е. представим его квазиерархией упорядоченных во времени уровней завершенности – *УЗ* – эволюционирующего проекта), после чего для терминальных элементов квазиерархии позаимствуем синтаксическую структуру среды адаптации.

Отметим, что *синхронная* декомпозиция объекта, т.е. декомпозиция существующего образца или его аналога, при проектировании «с нуля» исключается по двум причинам: во-первых, изделия еще нет и декомпозировать нечего; во-вторых, она вступила бы в противоречие с требованием независимости структуры *ППП* от структуры искомого объекта.

Результат диахронной декомпозиции виртуального объекта – первые два уровня квазиерархии уровней завершенности объекта. Первый уровень формируют четыре последовательно получаемых и рекурсивно вложенных *УЗ* проекта: *прототип* (PRT), *рыночная версия* (ITM), *поставляемая версия* (COM) и эмиссионная версия или *артефакт* (ART).

Каждый из этих *УЗ*, в свою очередь, конкретизируем стандартной четверкой состояний, формирующих элементы второго уровня квазиерархии: *квасисистема* (qSYS), *система* (SYS), *квазиконструкция* (qCON), *конструкция* (CON).

Наконец, каждое из состояний второго уровня конкретизируем структурой-заимствованием (у синтаксической структуры среды адаптации) – &-кубом уровней завершенности. В итоге любому *УЗ* проекта соответствует один из интервалов одной из

шестнадцати итераций &-куба. Этим удовлетворяется требование *регулярности* представления объекта.

Диахронное структурирование инвариантно по отношению к любому объекту, что обеспечивает независимость представления его синтаксической структуры как от предметной области, так и от конкретного изделия. Это важно, поскольку синтаксическая структура объекта будет заимствована для построения объект-независимой модели *ПРП*.

ПРП. Проектирование – сложный процесс, адекватное описание которого достигается через построение аппроксимирующей модели. Механизм получения одной из них представлен в [5] и включает следующие шаги:

- получение синтаксической структуры процесса (заимствование)
- получение семантической структуры (означивание элементов имеющейся структуры функцией синтеза)
- переход к модели процесса (задание способа навигации на множестве элементов структуры, а также условий ее старта и финиша).

Модель *ПРП* должна отвечать тем же требованиям, которые актуальны и для системы его воспроизведения: полнота, регулярность и независимость от предметной области. Полнота представления процесса достигается с реализацией *ЗСС*. Регулярность аппроксимирующей модели обеспечивают регулярность ее синтаксической структуры (любой интервал *ПРП* может быть представлен последовательностью интервалов &-куба) и регулярность структуры семантической. Последнее означает, что на каждом элементарном интервале *ПРП* выполняется одна и та же последовательность действий, поддерживающих данную *КП*:

- инкрементная модификация состояния среды (пополнение набора *У*, *Т* или *О*)
- адаптация текущего состояния проекта к новому состоянию среды (синтез)
- переход к очередному элементу структуры *ПРП*.

Независимость обеих структур от проектируемого объекта сообщает аппроксимирующей модели *ПРП* независимость от предметной области.

СВП или *Машина Проектирования*. Теория эволюционного проектирования, фрагменты которой представлены выше, реализована в системе *EVOS* [4], поддерживающей эволюцию проекта через итерацию процедуры синтеза, применяемой к текущему состоянию проекта при новом состоянии среды адаптации. Реализуемая здесь концепция единого *ПРП* и единой системы его воспроизведения придает системе статус *Машины Проектирования* (*МП*).

МП – это устанавливаемый на персональном компьютере программный продукт, архитектурное решение которого – операционная оболочка над имеющимся инструментарием проектирования. *МП* реализует встроенную функционально полную, регулярную и объект-независимую модель *ПРП*. Одновременно – это практическая реализация информационной технологии для проектирования в его эволюционной концепции.

Проектирование средствами *МП* осуществляется под управлением компьютера, в силу чего мы назвали его *Computer Urged Design* (*CUD*). После установки на тот же ПК релевантных для данной предметной области и класса задач проектирования «импортируемых» пакетов и прикладных программ *МП* приобретает статус *персональной системы проектирования*, функционирующей по *CUD*-схеме.

Заключение. Постановка задачи построения машины проектирования изменяет, в сущности, подход к компьютеризации проектирования в целом, открывая возможность перехода от компьютеризации экстенсивной, позадачной («снизу вверх») – нетехнологичной, затратной и перманентной – к компьютеризации интенсивной («сверху вниз») – экономичной и демократичной.

Под последним понимается следующее: *МП* должна способствовать тому, чтобы из занятия для посвященных компьютерное проектирование стало культурной нормой повседневной жизни неограниченного круга людей, в числе которых и элита проектирования, и представители самых разных направлений деятельности, не являющиеся профессиональными разработчиками.

Экономический эффект от перехода к интенсивной компьютеризации проектирования состоит в том, что прекращается распыление ресурсов на дорогостоящие и часто дублирующие друг друга разработки бесчисленных индивидуализированных, короткоживущих САПР. *МП* просто тиражируется для различных предметных областей, а перед запуском настраивается подключением предметно-ориентированных библиотек и заданием траектории процесса проектирования.

Одновременно *МП* повышает востребованность и эффективность применения программных продуктов и средств проектирования, которыми богат рынок, но использование которых вне системы не всегда технологично и эффективно.

Соответствующая парадигма, или компьютеризация «сверху вниз», должна сменить, на наш взгляд, в роли доминирующей парадигму позадачной компьютеризации («снизу вверх»), сосуществовать и эффективно взаимодействовать с последней.

Литература. 1. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с. 2. Седенков В.М. Эволюционное проектирование сложных объектов. Ч1. Синтез прототипов систем. Учебное пособие. БГПА, г. Минск, 1997, 156 с. 3. Sedenkov V. Product Structuring and Synthesis in Evolutionary Design. Proceedings of the Third International Symposium “Tools and Methods of Competitive Engineering”, 18-21.04.2000, Delft, pp.183-197 4. Седенков В., Полойко Д. Структурный синтез систем. Лабораторный практикум. Минск, БГУ, 2001. 96 с. 5. Sedenkov V. Towards Personal Systems for Creative Design. Poster papers of the Fourth International Symposium “Tools and Methods of Competitive Engineering”, 22-26.04.2002, Wuhan, R.P. China, pp. 1-15.

УДК 621.45

А.В. Сергеев

ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДУЛЕЙ

*НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко при БГУ
Минск, Беларусь*

Для обеспечения безотказной работы промышленного оборудования необходимо своевременно производить замену дефектных деталей и узлов, до наступления отказа. Этого можно достичь в результате проведения следующих мероприятий:

1) замене детали, узла или всего механизма, после окончания заданного заранее нормативного срока, равного суммарному допустимому времени эксплуатации,

2) использованию фиксированного межремонтного цикла, когда по истечению нормативного срока цикла механизм разбирают, проводят выбраковку и замену изношенных узлов и деталей,

3) осуществлению ремонта по фактическому состоянию, определяемому с помощью непрерывного или периодического мониторинга технического состояния всего механизма, каждого ответственного узла или детали, в процессе эксплуатации оборудова-