

Р. В. БЫРКА

Россия, г. С.-Петербург, ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика»
E-mail: era48@mail.ru

Дата поступления в редакцию
24.03 2006 г.

Оппонент *д. т. н. В. В. ДАНИЛОВ*
(ДонНУ, г. Донецк)

ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

На примере процессов проектирования несущих конструкций радиоэлектронных средств рассмотрены методологические аспекты инструментария формализации задач проектирования — математического моделирования.

Важнейшую часть инструментария формализации задач проектирования, в том числе проектирования несущих конструкций (НК) радиоэлектронных средств (РЭС), составляют математические модели. При этом общеизвестно (см., например, [1—6]), что при решении задач проектирования почти всегда рассматривается проблема адекватности. Эта проблема носит настолько широкий характер, что можно говорить о неразрывности понятий моделирования и адекватности.

Вместе с тем понимание адекватности существенно зависит от класса используемых моделей, а сами модели — от объекта моделирования. В этом плане задачи исследовательского проектирования НК РЭС, как и другие системные задачи, принципиально отличаются от большинства прикладных естественно-научных задач, с которыми обычно приходится иметь дело в инженерной практике.

Особенности моделей проектирования. Как и всякая естественно-научная задача, задача проектирования НК РЭС содержит постановочную часть и часть, в которой осуществляется применение математического аппарата теории проектирования [7—14]. С математической точки зрения постановочная часть представляет собой некоторую неформализуемую субъективную процедуру, обеспечивающую применение формального аппарата. При этом если считать, что все формальные преобразования производятся строго доказательно, то адекватность получаемого решения полностью зависит от успеха в постановке задачи. Учитывая это обстоятельство, при постановке задачи стремятся вводить как можно меньше допущений и предположений, а те, без которых задача все же не может быть решена, стараются привести к интуитивно ясному виду или сопроводить соответствующим обоснованием.

Между этапом постановки задачи и формализованной частью существует диалектическая связь. Недостаточная развитость аппаратных средств ведет к необходимости расширения системы условий при

постановке задачи, что в свою очередь негативно сказывается на адекватности получаемых решений. С другой стороны, чем больше проявлений внешнего мира должны быть учтены при создании технической системы, тем сложнее подобрать аппарат, достаточно эффективно обеспечивающий решение поставленных задач.

При разработке относительно узкоспециальных систем, функционирование которых предполагается в нормальных эксплуатационных условиях, соотношение между постановочной частью задачи и частью, обеспечиваемой применяемым аппаратом, примерно такое же, как при описании традиционных инженерных задач. Например, при расчете напряженно-деформируемого состояния конструкции постановка задачи включает предположения о начальных и граничных условиях ее закрепления [2,11,15], а также некоторые допущения о поведении конструкции под нагрузкой. При создании измерительного прибора или какого-либо автомата условия, в которых предполагается работа систем, также достаточно жестко определены принимаемыми начальными и граничными условиями. Так, измерительный прибор применительно к диапазону измеряемых параметров функционирует при практически неизменных условиях внешней среды. Автомат же проектируется на определенные значения входного сигнала, поступающего также при стандартных внешних условиях. Как видно из рассмотренных примеров, существует целый класс задач, в которых вопросы их постановки решаются на уровне интуиции, практической очевидности и здравого смысла. Вводимые при этом допущения и предположения порождаются требованиями практики и несовершенством применяемого формального аппарата [7,10,11].

Существуют и другие практические задачи, постановка которых представляет уже значительную сложность и не кажется такой очевидной, как в рассмотренных выше случаях. Однако постановка задачи претерпевает качественное изменение при проектировании таких сложных многофункциональных систем, какими являются современные РЭС. Причины, обуславливающие новое состояние постановки задачи, порождаются двумя основными особенностями. Первой из них является то, что задача проектирования в значительно меньшей степени формализована, чем какая-либо другая, известная нам из курса высшей

школы, инженерная задача. Это связано как со сложностью самого процесса проектирования, так и с наличием множества различных факторов, влияющих на решение задачи, но не поддающихся формализованному описанию. Таким образом, в задаче проектирования НК РЭС постоянно присутствует существенный неформальный аспект. Вторая особенность проектной задачи заключается в неопределенности поведения внешней среды. Причем эта неопределенность заключается не только в отсутствии знания о тех или иных входных данных задачи, но и в неоднозначном толковании влияющих на решение и не формализуемых факторов [1, 3].

Рассмотрим отмеченные особенности подробнее. Создание новых перспективных НК РЭС требует значительного напряжения технических и экономических возможностей коллектива разработчиков, организаций и государства в целом. Высказанную мысль подтверждают и те значительные финансовые средства, которые вкладывают экономически развитые страны в создание новых перспективных образцов [6, 12].

Тесная зависимость создания новых образцов НК РЭС от уровня технического развития производственной базы и экономики государства делает необходимым учитывать при разработке перспективных моделей большое число факторов, характеризующих условия производства [4—6]. Формализация этих факторов потребовала бы расширения математической модели до масштабов экономики страны в целом или, во всяком случае, ее ведущих отраслей. Принципиально создание таких «мегамоделей» возможно, но практически получаемые на этих математических моделях результаты оказались бы нечувствительными к отдельным техническим решениям, принимаемым при проектировании НК РЭС, и, следовательно, бесполезными при исследовании какого-либо отдельного вопроса. Для того чтобы результаты математического моделирования имели практическое значение, обычно факторы, порождаемые системами более высокого иерархического уровня, выводят за рамки модели и рассматривают как данность задачи. В этом случае проблема учета этих факторов должна разрешаться на этапе постановки задачи (см., например, [2—4]).

Помимо факторов, о которых было сказано выше и которые принципиально могли бы быть формализованы в математической модели, в задаче проектирования действуют также факторы, не формализуемые по своей природе. Они представлены различными политическими, конъюнктурными, социальными, моральными и психологическими аспектами, имеющими место в любой достаточно большой системе, заметно зависящей от участия в ее функционировании человеческого фактора. Трудно говорить, насколько формализация этих факторов бесперспективна вообще, но в настоящее время они существенно влияют на решение задачи проектирования и реализуются только при постановке задачи.

Особую роль в задаче проектирования НК РЭС играет неопределенность, имеющая место в целом ряде вопросов. Причин, вызывающих неопределен-

ность, несколько. Назовем основные из них. Оценить удачность проекта можно только путем проверки того, как НК решают возложенные на них задачи. Такая проверка осуществляется на этапе прохождения различных испытаний при многолетней их эксплуатации в различных условиях. В процессе исследовательского проектирования НК их эффективность оценивается с помощью математических моделей. Так же, как и при испытаниях НК РЭС, в процессе математического моделирования должны быть созданы определенные условия, имитирующие внешние и внутренние воздействия на испытуемые НК РЭС. При этом если даже предположить, что нам известны все варианты и возможности размещения РЭС, описанная ситуация все равно будет содержать большую долю неопределенности. Неопределенность заключается прежде всего в том, что принятие решения на создание НК РЭС не может опираться только на какой-то один фактор — влияние внешней среды. В противном случае мы вынуждены были бы создавать НК для решения задач только в одной конкретной ситуации, которая, кстати сказать, может вообще не иметь места за все время их использования (чем конкретнее модель, тем меньше вероятность ее реализации).

На самом деле НК РЭС значительными сериями используются в различных условиях, в разнотипном составе и подвергаются разнообразным воздействиям. Последнее заставляет вырабатывать подходы, позволяющие рассматривать некоторые «осредненные» условия, описываемые аппаратом теории вероятностей. Для обеспечения работоспособности этого аппарата необходимо иметь разработанную постановочную часть, носящую неформальный характер и существенно влияющую на получаемые результаты.

Таким образом, в качестве одной из основных особенностей моделей исследовательского проектирования мы отмечаем значительно более развитую постановочную часть, что ведет к уменьшению в общем объеме исследований доли аппаратных (дедуктивных, доказательных) средств.

Адекватность. Нередко бывает трудно отличить адекватность от таких сходных, но все же иных, понятий как корректность, точность и полезность модели, упоминание которых обычно можно встретить в контексте с понятием адекватности [9].

Корректность. В прикладной технической литературе наиболее распространенным является определение корректности (от лат. *correctus* — исправленный, улучшенный), сформулированное в математике. В соответствии с этим определением модель считается корректной, если получаемые с ее помощью решения существуют при любых допустимых исходных данных, единственны для одного и того же набора исходной информации и устойчивы относительно тех или иных возмущающих воздействий. Существование, единственность и устойчивость получаемых с помощью модели решений (результатов) обеспечиваются применяемым математическим аппаратом. В связи с этим следует считать, что приведенное выше определение корректности отражает инструментальный аспект этого важнейшего свойства любой модели.

Само же понятие корректности значительно шире. Оно связано не только с теми возможными несоответствиями моделируемому объекту, процессу или явлению, которые возникают при неверном (некорректном) использовании математического аппарата, но и в связи с неправильным пониманием сути наблюдаемых объектов, процессов или явлений. Иными словами, при моделировании достаточно сложных задач, какими являются и задачи исследовательского проектирования, помимо инструментальных условий сохранения корректности, всегда существует значимый аспект содержательного проявления этого свойства. Уже в силу того, что содержательные условия корректности отделены от инструментальных, их выполнение не может опираться на формальные средства и обеспечивается только соблюдением таких законов логики как законы тождества, противоречия и достаточного основания. Содержательные условия корректности моделирования приобретают в задаче тем большее значение, чем более развитой оказывается в ней постановочная часть по сравнению с инструментальной.

Из приведенного математического определения, как и из определений известных законов логики, можно видеть, что корректность является необходимым, но не достаточным условием успешного моделирования. Прежде чем перейти к рассмотрению достаточных условий, рассмотрим такие понятия как точность и полезность.

Точность. Под точностью моделирования обычно понимается характеристика модели, отражающая степень близости величины моделируемого параметра к его истинному значению. Обратным по отношению к точности является понятие погрешности моделирования.

В приведенном определении наибольшую неясность вызывает «близость параметра». При всей простоте этого понятия оценить его количественную меру для последующего практического использования оказывается не так легко. Действительно, если мы имеем некоторый наблюдаемый и измеряемый процесс в виде совокупности точек, отвечающих некоторой реализации одного из характерных для данного процесса параметров, и построили модель процесса в виде графика моделируемого параметра, то что следует понимать под «близостью величины моделируемого параметра к значению»? В качестве количественной меры этой близости может выступать наибольшее из всех расстояние (или разность ординат) между соответствующими точками графика, сумма квадратов этих расстояний для заданных значений аргумента, разность площадей под графиками природы (если их удастся получить) и моделируемой функции. Наконец, часто говорят о качественном совпадении модели и природы. Это происходит тогда, когда количественное совпадение получить не удается и можно говорить только о повторении формы графика с совпадением его определяющих точек.

Полезность. Более общим по отношению к точности является понятие полезности. Если считать, что весь процесс моделирования при исследовательском

проектировании носит прагматический характер, т. е. всякая построенная в рамках исследовательского проектирования математическая модель нацелена исключительно на получение содержательного ответа на вполне определенный вопрос, возникающий в терминах проектной проблематики, то полезность модели в полной мере определяется ее качеством. Иначе говоря, в этом случае чем выше качество моделирования, т. е. чем с большим успехом оно выполнено, тем в большей степени можно считать модель полезной.

Известное несовпадение понятий полезности и качества можно найти, наверное, только в фундаментальных исследованиях, когда при постановке задачи и выполнении моделирования до конца остается невыясненной их научная содержательность и ожидаемые результаты. В этом случае иногда говорят, что исследование проводится в целях удовлетворения научного любопытства исследователя, который сам еще не знает, к чему приведут его усилия.

Можно еще раз повторить, что в области таких прикладных системных исследований, которые проводятся в рамках исследовательского проектирования, описанная ситуация встречается крайне редко. Как правило, актуализация задачи происходит еще на этапе ее постановки, а результат может быть предсказан из общих проектных соображений. Моделирование здесь используется только для получения количественных соотношений или знакового решения поставленной проблемы.

Таким образом, если понятие корректности носит характер необходимых условий успешного моделирования, то точность и полезность модели создают достаточные условия. При этом точность модели обеспечивает достаточность преимущественно аппаратными средствами, а полезность — на содержательном уровне.

Определив ранее такую характерную особенность задач исследовательского проектирования как развитость постановочной части, можно сейчас сказать, что в основном точность обеспечивает условия достаточности на этапе применения аппаратных средств, в то время как полезность эти же условия обеспечивает на этапе постановки задачи. Из этого следует вывод о меньшем значении точности в задачах исследовательского проектирования по сравнению с традиционными инженерными задачами.

Структура определения адекватности модели.

Среди рассмотренных понятий, позволяющих оценить в том или ином смысле результаты математического моделирования, адекватность занимает особое место.

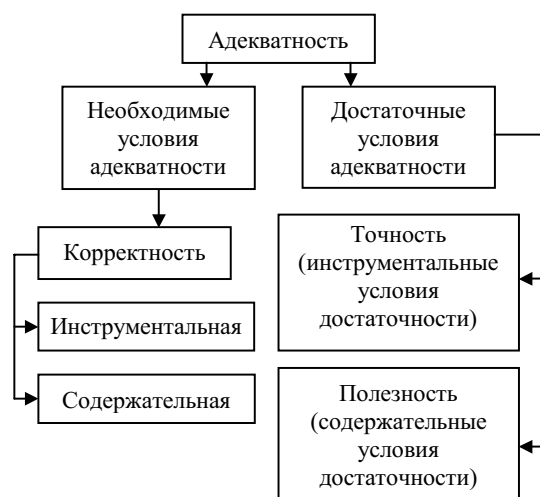
Под адекватностью (от лат. *adaequatus* — приравненный, равный) модели мы понимаем совпадение результатов моделирования и наблюдаемых проявлений объекта или явления. (В языке — соответствующее, верное, точное; в теории познания — верное воспроизведение в мышлении связей и отношений объективного мира.)

Из данного определения можно видеть, что в нем присутствуют как элементы корректности (в смысле необходимых условий адекватности), так и аспекты точности (в смысле близости величины моделируемого параметра) и полезности (в смысле совпадения

результатов моделирования и наблюдаемых проявлений объекта или явления). Если вспомнить, что точность и полезность обеспечивают достаточные условия успеха моделирования, то становится очевидным, что адекватность и составляет этот успех, применительно к которому требуется выполнение и необходимых, и достаточных условий. Таким образом, корректность представляет собой свойство модели, обеспечивающее необходимые условия ее адекватности, а точность и полезность — достаточные условия. Причем первое — на инструментальном, а второе — на содержательном уровне.

Здесь можно отметить, что в соответствии с общей методологией математического моделирования такое ключевое выражение в определении точности как «степень близости величины моделируемого параметра» носит более определенный характер, чем аналогичное в определении адекватности — «совпадение результатов». Это понятно, т. к. адекватность объединяет в себе, помимо точности, также более общее понятие полезности модели.

Соотношение рассматриваемых понятий показано на рисунке.



Структура понятия "адекватность модели"

Чтобы получить возможность последовательного изложения вопросов, связанных с понятием адекватности моделей исследовательского проектирования, рассмотрим подробнее определение объекта приложения исследуемого понятия: собственно математической модели.

В различных источниках многие авторы обращались к идее сформулировать наиболее исчерпывающее определение модели. В широком смысле под моделью понимается любой образ (мыслимый или условный) какого-либо объекта (процесса, явления), используемый в качестве его заместителя или представителя. В этом определении еще нет категорического указания на те особенности моделирования, которые нас будут интересовать в дальнейшем. Они формируются в определениях символьных моделей. Затем более четко они акцентируются в определениях математических моделей как подкласса символьных. Однако мы сразу дадим то определение математической модели, которое обычно используется в теории

проектирования. Оно, возможно, не в полной мере охватывает все многообразие факторов, имеющих в этом классе моделей, но зато вполне отвечает тому кругу задач, с которыми мы сталкиваемся в исследовательском проектировании.

Под математической моделью исследовательского проектирования мы понимаем совокупность математических зависимостей, графов, графиков и таблиц, создающую образ проектируемого РЭС в физически содержательных терминах без учета практически несущественных особенностей. С позиции интересов настоящего исследования наиболее характерными элементами приведенного определения являются необходимость создания образа оригинала НК РЭС в содержательных (в данном случае физически содержательных) и практически значимых терминах.

По существу, именно два этих утверждения и раскрывают методологическую связь между идеей моделирования вообще и содержательностью этого приема познания в виде адекватности моделирования — в частности. Действительно, создание некоторого отображения объекта, пусть даже всеобъемлющего, но не отвечающего природе объекта, нисколько не может продвинуть исследователя на пути к знанию об этом объекте. С другой стороны, только отображение не всех, а части наиболее существенных проявлений объекта может дать возможность инструментального его изучения. Ведь сам объект во всех своих проявлениях и так существует в природе, но нас это, как известно, не устраивает. Поэтому и используется такой прием как моделирование. Таким образом, можно утверждать, что наиболее существенным признаком приема моделирования является распределение в процессе моделирования всех наблюдаемых в природе проявлений по степени их значимости. При этом наиболее значимым проявлениям ставятся в соответствие наиболее содержательные модельные фрагменты, а стоящие на периферии — вообще выпускаются из виду как несущественные.

Иногда высказывается такое мнение, что недостаточная адекватность модельных фрагментов, лежащих на периферии интересов исследователя, может быть устранена по мере наращивания мощности имеющихся в распоряжении средств. Но это не так. На самом деле неравномерность распределения информации в модели является следствием основных законов познания окружающего нас мира и не связана с теми инструментами, которые мы при этом используем. Если бы это было не так, то вся модель адекватно отражала бы наблюдаемую действительность и тем самым представляла бы собой саму действительность, исследовать которую мы смогли бы только на уровне созерцания реальности. Очевидно, что создавать подобные модели нецелесообразно.

Изложенные выше рассуждения приводят нас к заключению о том, что при математическом моделировании (и моделировании вообще) говорить об адекватности или неадекватности модели моделируемому объекту неправильно. Любая модель по сути своей должна быть неадекватной наблюдаемому процессу, явлению или объекту.

Такой результат методологического исследования без дополнительных комментариев не может, конечно, считаться удовлетворительным. Ведь повсеместно при оценке моделирования в какой-либо задаче мы используем термин «адекватность» именно как меру успеха или неуспеха выполненной работы. Если принять, что ни одна из создаваемых моделей не может считаться адекватной, то вызывает сомнение целесообразность использования этого понятия вообще. На самом деле это не так. Дело в том, что применяемое понятие адекватности как оценки качества моделирования следует относить не к объекту (процессу или явлению), а к какому-либо частному аспекту проявления этого объекта или в целом к той задаче, в рамках которой моделирование осуществляется. При этом когда речь идет о частных проявлениях объекта моделирования, адекватность обеспечивается в основном за счет точности (в смысле близости наблюдаемого и моделируемого параметров). Тогда же, когда оценивается адекватность модели поставленной для исследования задаче, то в этом случае на первый план выступает полезность.

Понятия точности и полезности модели находятся между собой в диалектическом противоречии и одновременно дополняют друг друга. Причем может оказаться, что модель обладает высокой полезностью и очень низкой точностью. Такой, например, является планетарная модель атомного ядра Н. Бора. Геометрический образ, созданный этой моделью, не отвечает даже приблизительно тому, что сегодня уже знает наука о микромире. В то же время теория, построенная Н. Бором на основе этой модели, позволила получить, как известно, ряд новых фундаментальных результатов. С другой стороны, как бы ни была точна модель, если это свойство не порождает полезности, адекватной поставленной задаче ее назвать нельзя.

Таким образом, методологическая проблема адекватности при исследовательском проектировании НК РЭС представляет собой установление меры между инструментальными (точность) и содержательными (полезность) аспектами адекватности в условиях постановочной части задачи.

Среди функциональных системных моделей исследователя проективного проектирования НК РЭС следует выделить два важных класса моделей. Это модели анализа (прямая задача проектирования) и модели синтеза (обратная задача) [1].

Задачи анализа. Задачи анализа наиболее широко распространены в естественно-научных дисциплинах. Схема их построения отражает все этапы исследования объекта или явления — от наблюдения, выделения характерных особенностей, разработки способов их измерения и до введения обобщающего закона (закономерности). Для реализации этой схемы нужен, как минимум, сам объект (процесс, явление) для исследования. Если такой объект существует, а в проектировании в качестве него может выступать проект НК РЭС, выполненный в той или иной степени подробности, то математическая модель анализа будет представлять функцию, аргументами которой станут измеримые и наблюдаемые параметры проекта, а сама функция будет количественно оценивать качество проекта.

Основу аппаратных средств моделей анализа составляют теории размерности, подобия и математической статистики. При этом функциональное насыщение моделей осуществляется на базе всей совокупности знаний, которыми располагает современная наука в области создания РЭС.

В теории размерности и подобия ставятся условия, которые должны соблюдаться в опытах с моделями с определением показателей качества и параметров, определяющих основные свойства и режимы процессов. При этом особенностью задач проектирования в большинстве случаев является невозможность строгого соблюдения критериев подобия. Поэтому в задачах исследовательского знания более широко используется прием аналогии, который обеспечивает значительно более низкий уровень точности, чем при сохранении условий подобия.

Теория и методы математической статистики, отражающие влияние случайных факторов, также не могут в полной мере удовлетворить всем практически необходимым требованиям исследовательского проектирования. Эти методы предусматривают допущения об устойчивости параметров распределения и наличие вероятностных законов рассеивания случайных величин. В теории же исследовательского проектирования, как правило, мы имеем дело с предельно малыми выборками случайных величин, на которые распространяются самые простые закономерности теории вероятностей и применительно к которым могут быть получены характеристики не старше вторых моментов.

Однако низкая точность задач анализа в исследовательском проектировании связана не только с особенностью исходных данных и возможностью выполнения законов подобия. Одной из основных причин, определяющих низкую точность моделей анализа в исследовательском проектировании, является проблема редуцирования моделей.

Под редуцированием в системном моделировании понимается процесс снижения размерности и трудоемкости вычисления (по счетному времени и машинной памяти), включаемый в сложную системную модель модельной функции, созданной ранее в рамках предметной области. Этот процесс реализуется посредством одноименного приема, занимающего центральное место в инструментарии разработки системных моделей анализа. Редуцирование как результат приложения системных средств к моделям предметных областей является следствием не одной, а, по меньшей мере, трех основных причин. Первая и наиболее очевидная из них состоит в том, что при комплексном рассмотрении некоторой актуальной проблемы системного анализа необходимо в рамках одной задачи объединить две и более моделей предметных областей. Если предположить, что разработка как всех моделей предметной области, так и объединяющей их системной модели, осуществляется на вычислительной технике сравнимого уровня и разработчиками примерно одного класса (какое-либо иное предположение противоречило бы здравому смыслу), то очевидно, что модели предметных областей прежде, чем они будут включены в системную модель, долж-

ны быть упрощены не менее чем во столько раз, сколько их участвует в системной задаче.

Вторая причина редуцирования состоит в том, что на этапе исследовательского проектирования в распоряжении исследователя находится ограниченное количество информации о проектируемом РЭС. Как правило, это только главные элементы проекта и, может быть, еще дополнительные данные. В то же время модели, разработанные в той или иной предметной области и привлекаемые в системную модель, используют гораздо более полную информацию об объекте исследования или наблюдаемом явлении, т. е. о НК РЭС. Из методологии моделирования известно, что обеднение входной информации ведет к упрощению модели и, следовательно, к редуцированию.

Наконец, третья (и последняя) причина редуцирования заключается в необходимости балансирования модельного комплекса по всем входящим в него модельным фрагментам в интересах целей исследования. Процесс балансирования предусматривает разработку всех включаемых в модель фрагментов примерно на одном уровне сложности (глубине проработанности) по отношению к общему уровню всех фрагментов данной задачи. Учитывая, что увеличение глубины проработки моделей предметной области при системном моделировании не предполагается, достичь указанной цели можно путем редуцирования «перетяжеленных» с описанной точки зрения фрагментов.

Таким образом, целый ряд особенностей задач анализа при проектировании НК РЭС заставляет говорить о значительном снижении точности этих моделей по сравнению с моделями предметной области. Понимание этого факта, с одной стороны, требует обращать значительно больше внимания на полезность разрабатываемых моделей. С другой же стороны, это обстоятельство всегда является напоминанием разработчику модели о том, что получить в модели исследовательского проектирования точность, сравнимую с той, которую можно встретить в традиционных инженерных задачах, теоретически невозможно.

Задачи синтеза. Задачи синтеза используются исключительно в целях проектирования. По своей методологической сущности они представляют прогнозные модели, позволяющие предполагать с той или иной степенью достоверности облик проектируемого РЭС, отвечающего заданным свойствам. Здесь в качестве аргументов модельной функции выступает формализация задаваемых свойств, а варианты сочетания получаемых значений функции и ее аргументов дают необходимое количество информации для получения облика проектируемого РЭС.

Особенности построения математических моделей синтеза НК РЭС составляют самостоятельный раздел теории проектирования. Здесь же необходимо только отметить, что поскольку в результате использования модели синтеза появляется образ нового РЭС, понятие адекватности модели синтеза также существенно изменяется по сравнению с тем, которое было нами сформулировано применительно к моделям анализа.

Прежде всего это отличие проявляет себя в отношении к самому объекту моделирования. Действи-

тельно, если в задачах анализа объектом моделирования является НК, которая существует и проявляется в виде некоторой совокупности свойств и признаков, то в задаче синтеза такого объекта не существует. Его еще предстоит создать как результат решения задачи. Поэтому когда, оценивая инструментальные аспекты адекватности модели, мы задаемся вопросом о том, насколько близкими оказываются величины моделируемого параметра к его истинному значению, мы неожиданно обнаруживаем, что «истинных» значений параметра и не существует в природе.

В то же время модели синтеза, как и все другие модели исследовательского проектирования, должны создавать образ моделируемого объекта в физически содержательных терминах. Эта цель достигается общим для большинства достаточно сложных моделей синтеза методологическим приемом (непрямой синтез, в отличие от прямого синтеза, такого, например, как аналитическое решение системы уравнений), состоящим в том, что синтезирующая процедура реализуется путем многократного решения задач анализа [2, 3]. В этом случае каждая из вложенных в модель синтеза задач может быть оценена с позиции точности.

Очевидно, что такая оценка может быть использована только для косвенной характеристики точности модели. Для более полной оценки точности используется еще один прием, состоящий из разделения процесса синтеза на два основных этапа, каждому из которых соответствует свой подкласс моделей: модели направленного и ненаправленного синтеза [4—6, 9—12].

Модели задач ненаправленного синтеза, так же, как и модели анализа, строятся в основном на законах подобия. При этом новый образец НК получается из одного или нескольких старых прототипов с использованием тех или иных правил пересчета в соответствии с законами подобия и в зависимости от того, какие изменения претерпели свойства нового изделия по отношению к старому. Таким образом, точность модели, обеспечиваемая физической содержательностью модельных фрагментов, сосредотачивается в основном в модели ненаправленного синтеза.

Модели направленного синтеза также используют информацию о существующих аналогах, но, в отличие от моделей ненаправленного синтеза, это информация не о физической сущности (функционировании) проектируемой НК, а о функциональных проявлениях (например, эффективности функционирования в различных условиях) и тех затратах, которые предстоят при создании проектируемой НК РЭС. Процесс направленного синтеза, так же, как и в случае ненаправленного синтеза, осуществляется путем многократного решения задач анализа упомянутых функциональных проявлений НК. Полученное множество решений задач анализа используется затем в применении в данной модели синтеза механизме выбора. Как правило, такие механизмы для выбора предпочтительного варианта используют некоторые процедуры упорядочения, поэтому и модели этого типа получили название моделей направленного синтеза.

Модели направленного синтеза уже не удается связать сколько-нибудь удовлетворительно с естественно-научной основой предметных областей. Это наиболее искусственная (синтетическая) часть общей задачи синтеза. Здесь ответственность за адекватность моделирования в полной мере ложится на ее содержательные аспекты, т. е. на полезность применяемой модели. Поскольку, как уже отмечалось, направленный синтез происходит на основе принятия решений (механизма) выбора, то полезность модели следует формулировать в терминах именно этой теории.

Адекватность применения аппаратных средств теории принятия решений определяется возможностью надежно отличать рекомендуемый к выбору вариант от любого другого варианта предъявления. Иначе говоря, модель принятия решения будет считаться точной (адекватной), если все те возможные ошибки на содержательном или функциональном уровнях, которые могут в ней образоваться в результате неточной работы составляющих ее модельных фрагментов, не приведут к изменению решения по сравнению с тем, которое могло бы быть принято на абсолютно точной модели. Для того чтобы отличать данное только что определенное точности модели принятия решения от общепринятого, используют термин «с точностью до альтернативы» (по аналогии с «точностью до заданного знака после запятой»). Поскольку иной цели, кроме надежного выбора, в задаче принятия решения не преследуется, то очевидно, что в данном случае понятие точности модели полностью совпадает с понятием ее полезности.

Следует отметить, что исследовательское проектирование НК РЭС характеризуется и другими, не рассмотренными в статье, методологическими аспектами. Например, нахождение оптимального распределения информации — как в модели анализа, так и в модели синтеза — представляет собой самостоятельную системную задачу, требующую для своего решения специальных теоретических средств.

В заключение подчеркнем, что весь комплекс новых теоретических средств должен: а) обеспечивать возможность построения системной модели, глубину ее проработки и адекватность, потребность модели в исходной информации; б) участвовать в решении задачи определения рационального состава элементов системы, в согласовании внутрисистемных связей; в) позволять осуществлять эффективное выделение системы из окружающей среды, и многое другое. Разработка этих практически эффективных

средств еще только начинается и направлена на построение гибких с точки зрения возможности проблемной переориентации САПР и других автоматизированных систем для создания нового поколения конкурентоспособных унифицированных систем базовых несущих конструкций радиоэлектронных средств различного назначения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Лутченков Л. С. Оптимальное проектирование несущих конструкций как сложных систем.— Л.: Машиностроение, 1990.
2. Лутченков Л. С. Автоматизированное проектирование несущих конструкций радиоэлектронных средств.— М.: Радио и связь, 1991.
3. Максимов А. В. Системный подход к проектированию базовых несущих конструкций радиоэлектронных средств.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1997.
4. Кондрашов А. С. Модели и алгоритмы системного синтеза несущих конструкций радиоэлектронных средств.— СПб: Политехника, 1998.
5. Голубев А. В. Параметрический синтез многоуровневых конструкций радиоэлектронных средств.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1998.
6. Шерин К. Ю. Синтез типоразмерных рядов базовых несущих конструкций радиоэлектронных средств АСУ.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2000.
7. Лутченков Л. С., Лайне В. А. Моделирование и анализ тепловых режимов аппаратуры многоканальной связи.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1995.
8. Шелест В. И. Оптимальное проектирование систем с волоконно-оптическим электроустройством.— СПб: Политехника, 1995.
9. Лузин С. Ю., Лутченков Л. С. Анализ и разработка алгоритмов логического синтеза.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1996.
10. Шелест В. И. Модели, алгоритмы и средства синтеза электроустройств радиоэлектронных средств.— М.: Радио и связь, 1997.
11. Максимов А. В. Автоматизация проектирования необслуживаемых ретрансляторов линий связи систем управления.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1999.
12. Шелест В. И., Сухарев А. В. Моделирование процессов синтеза печатного электроустройства РЭС как сложных систем.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1999.
13. Лузин С. Ю. Алгоритмы минимизации булевых функций.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2000.
14. Сухарев А. В., Золотов О. И. Модели и алгоритмы оптимизации в автоматизации проектирования.— СПб: Северо-Западный заочн. политехнич. ун-т, 2001.
15. Черненко В. Д. Оптомеханика оптоволоконных световодов и кабелей связи.— СПб: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1994.



Продолжается подписка
на журнал
"Технология и конструирование в электронной аппаратуре"
на 2007 год.