

УДК 371.32

АЛЕКСЕЕВ В.Ф.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрены подходы к построению процессов принятия проектных решений. Показана степень влияния решений, принимаемых на каждом из проектных уровней. Описана структура и построение операционных моделей.

### ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Исходная информация на проектирование обычно определяет проектируемый объект неоднозначно. Существует, как правило, несколько различных вариантов, отвечающих требованиям технического задания, но отличающихся своими технико-экономическими характеристиками. Выбор того или иного варианта в значительной мере определяется проектными решениями, принимаемыми на различных этапах проектирования. С этой точки зрения процессы принятия проектных решений в системах проектирования занимают особое место. От их организации, степени автоматизации зависит, в конечном счете, как качество проектируемых объектов, так и эффективность системы в целом. Все информационно-вычислительные процессы, протекающие в САПР в ходе проектирования, связаны в той или иной мере с процессами принятия проектных решений, обеспечением нормальных условий их функционирования, отображением и документированием промежуточных или окончательных результатов принимаемых проектных решений.

Задача поиска наилучших проектных решений имеет ряд специфических особенностей, накладывающих отпечаток на построение всего процесса принятия проектных решений.

Адекватное формальное описание достаточно сложной проектной задачи в целом, как правило, достаточно трудоемко, громоздко, а в ряде случаев и практически невыполнимо в связи с недостаточной изученностью, неопределенностью и изменчивостью многих факторов, которые должны быть учтены при проектировании. Однако даже в том случае, когда такое описание может быть построено, решение задачи в целом зачастую оказывается невозможным в связи с ограниченными возможностями, как проектанта, так и имеющегося в его распоряжении программно-технического комплекса.

Различные варианты проектного решения могут отличаться друг от друга:

- по принципам построения и функционирования проектируемого объекта;
- наборами функциональных блоков и взаимосвязями между ними;
- параметрами элементов;
- степенью интенсификации процессов, протекающих при функционировании;
- другими критериями.

С этой точки зрения условно можно различать несколько уровней детализации проектируемого объекта и соответствующих им уровней принятия проектных решений. В частности, можно выделить:

- выбор принципов построения проектируемого объекта;
- разработку его структурной схемы;
- определение характеристик процессов функционирования объекта;
- разработку функциональных блоков;

- проектирование элементов блоков.

Степень влияния решений, принимаемых на каждом из этих уровней, на технико-экономические характеристики проектируемых радиоэлектронных средств (РЭС) различна. Наибольшее влияние оказывает, естественно, выбор принципов действия и структуры РЭС. Уровень детализации существенно влияет и на сложность прогнозирования и оценки последствий решений, принимаемых на этом уровне. Чем меньше степень детализации проектируемого РЭС, тем сложнее прогнозирование и оценка последствий принимаемых решений, тем менее достоверны результаты этого прогнозирования.

Решения, принятые на верхних уровнях детализации, не только определяют множество решений, которые могут быть реализованы на последующих уровнях, но и сами в известной мере определяются ими. Такой диалектический характер взаимосвязи решений, принимаемых на различных уровнях детализации проектируемого РЭС, также существенно усложняет решение общей задачи.

Проектируемые радиоэлектронные средства, как правило, имеют обычно явно выраженную иерархическую структуру. Каждый уровень иерархии отражает некоторый уровень детализации проектного решения или его фрагментов.

Отмеченные обстоятельства, а также стремление сократить общую трудоемкость и стоимость принятия проектных решений привели к тому, что эти процессы имеют достаточно сложную структуру. В основе построения таких процессов лежит идея разбиения исходной задачи и получения искомого решения в результате решения ряда специальным образом взаимосвязанных подзадач. Каждой такой подзадаче обычно соответствует некоторый фрагмент искомого проектного решения. Процесс в целом носит, как правило, итерационный характер. Решения, полученные на ранних этапах проектирования, уточняются с использованием информации, полученной на последующих этапах.

Совокупность подзадач, на которые разбивается исходная задача, и информационные связи между ними определяют структуру процесса принятия проектного решения в целом.

Построение сложных процессов принятия проектных решений включает, в частности, разработку:

- общей структуры процесса;
- методов формирования отдельных подзадач и их информационного обеспечения;
- способов организации взаимосвязи между подзадачами в ходе процесса;
- методов решения отдельных подзадач.

Степень автоматизации процессов принятия проектных решений может быть различной, начиная с автоматизации отдельных элементов этих процессов и кончая автоматизацией выработки обоснованных рекомендаций проектанту относительно выбора проектного решения (или его фрагментов) в конкретной проектной ситуации с учетом имеющейся информации.

Для отдельных классов проектных задач схема процесса и его отдельные фрагменты могут быть предварительно отработаны, соответствующие функциональные блоки запрограммированы и включены в библиотеку программных модулей системы. Эти модули могут быть затем использованы проектантом в ходе проектирования конкретных РЭС.

Принятый вариант построения процесса принятия проектного решения во многом определяет продолжительность, стоимость проектирования и качество принимаемых проектных решений. Выбор рационального варианта с учетом всех факторов является сложной и трудно формализуемой задачей. При ее решении обычно исходят из результатов системно-структурного анализа проектируемого РЭС, знаний, опыта и

интуиции проектировщика, возможностей программно-технического обеспечения САПР и т.д. При декомпозиции задачи обычно стремятся выделить такие подзадачи, методы решения которых достаточно изучены и для решения которых имеется соответствующее обеспечение.

Формализация процессов принятия проектных решений обычно проводится по двум взаимодополняющим направлениям.

В основе *первого* из них лежит стремление смоделировать в той или иной мере процесс переработки информации человеком в ходе «ручного» проектирования. В этом случае процедуру принятия проектного решения строят исходя из анализа деятельности проектанта. Трудности, с которыми сталкиваются при этом, во многом обусловлены сложностью выявления механизмов, лежащих в основе этой деятельности.

*Второе* направление базируется на построении формального описания (модели) проектных задач и разработке формальных методов принятия проектных решений на этих моделях. Одна и та же математическая структура при соответствующей интерпретации зачастую может служить моделью разных по содержанию и постановке проектных задач, и, следовательно, одни и те же формальные методы могут быть использованы при их решении.

В зависимости от характера проектных задач и требований, предъявляемых к их решению, возможны различные способы моделирования этих задач. Наибольшее распространение в настоящее время в САПР получили два методически различных подхода. Первый из них основан на идеях ситуационного, а второй – операционного моделирования. В обоих случаях предполагается, что в явном или неявном виде может быть описано множество проектных ситуаций и множество решений, которые могут быть приняты в этих ситуациях.

В первом случае предполагается, что множество качественно различных проектных решений сравнительно невелико и множество проектных ситуаций может быть разбито на соответствующее число групп качественно неразличимых ситуаций. Каждой такой группе можно соотнести некоторое проектное решение, принятие которого целесообразно в ситуациях этой группы, или одну и ту же сравнительно простую процедуру получения этого решения. Задача заключается, таким образом, в построении некоторого механизма классификации проектных ситуаций. Выдача рекомендаций по проектному решению в ходе проектирования при таком подходе сводится к идентификации конкретной проектной ситуации и выбору соответствующего проектного решения.

Разработка механизма классификации является при таком подходе одной из наиболее сложных и ответственных задач. В простейших случаях этот механизм может быть построен разработчиком САПР неформальным путем по результатам статистического анализа имеющихся проектных решений, на основании своего опыта, нормативно-справочных материалов и т.д. В настоящее время широкое распространение в САПР получило представление результатов этих построений в виде некоторой совокупности таблиц выбора решений.

Для формализации процесса построения самого механизма классификации в сложных ситуациях могут быть с успехом использованы идеи, развитые в работах Д.А.Поспелова и его сотрудников по ситуационному управлению.

Операционное моделирование связано с построением, так называемых, операционных моделей, в которых наряду с множеством проектных ситуаций и множеством решений, которые могут быть приняты в этих ситуациях, находят отражение требования, предъявляемые к искомому решению, и факторы, которые должны быть учтены при его выборе. Выработка рекомендаций относительно проектного решения в ходе проектирования при этом заключается в отыскании решения из множества

возможных решений, наиболее полно удовлетворяющего этим требованиям. Эта задача в свою очередь сводится, как правило, к экстремальной задаче типа задач математического программирования, теории игр, теории статистических решений и т.п. Для ее решения может быть использован имеющийся либо специально разработанный математический аппарат.

Качество принимаемых проектных решений при таком подходе определяется как степень адекватности операционной модели, так и методами, используемыми при решении соответствующих формальных задач.

Каждый из отмеченных подходов обладает определенными преимуществами и недостатками. При создании САПР использования отдельных способов моделирования, как правило, недостаточно. Наиболее эффективным является комплексное применение моделей различных типов.

В сложных процессах принятия проектных решений обычно строится иерархия моделей проектных задач, отражающих рассматриваемый уровень детализации проектируемого объекта, накопленную к данному этапу информацию, конечные и промежуточные цели проектирования.

### СТРУКТУРА ОПЕРАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Операционные модели, являющиеся одним из основных инструментов в исследовании операций, получили широкое распространение при решении задач планирования и управления в организационных системах. В этих областях накоплен большой опыт их применения, выявлены и исследованы специфические аспекты такого подхода, развит соответствующий математический аппарат. В последние годы в связи с развитием работ по созданию САПР операционные модели успешно применяются и при решении многих технических задач.

Операционная модель должна дать в достаточной мере адекватное формальное описание основных компонент, участвующих в процессе принятия проектных решений (с учетом принятого уровня детализации проектируемого объекта). К этим компонентам относятся:

- множество проектных решений, которые могут быть приняты на данном этапе проектирования;
- требования, предъявляемые к проектному решению;
- цели, преследуемые при его выборе;
- условия, влияющие на степень достижения поставленных целей при выборе тех или иных проектных решений;
- соответствие между различными проектными решениями и степенью достижения целей в заданных условиях;
- способ оценки проектных решений.

Несмотря на исключительное разнообразие задач, решаемых с использованием операционных моделей, последние имеют, как правило, достаточно четкую структуру, характерную для всех моделей этого класса.

Система моделирующих переменных в операционных моделях разбивается на ряд групп.

*Под управляемыми будем подразумевать переменные, выбор конкретных значений которых и определяет выбор того или иного проектного решения.*

Неуправляемые переменные характеризуют ситуацию, в которой должно быть принято решение. Эти переменные описывают внешние факторы, не зависящие от анализируемых проектных решений, но влияющие на последствия принятия того или иного решения. В проектных задачах такими переменными могут быть, например,

механические характеристики материалов, используемых в конструкции, параметры физических процессов, протекающих при функционировании объекта, и т. п.

Значения управляемых и неуправляемых переменных определяют предполагаемые последствия принятия того или иного проектного решения в конкретных условиях. Эти последствия характеризуются значениями производных переменных (показателей). Переменным в проектных задачах обычно соответствуют технико-экономические характеристики проектируемого объекта.

При решении проектных задач степень достоверности информации о значении неуправляемых переменных может быть различной. С этой точки зрения условно выделяют три типа ситуаций принятия решений:

- в условиях определенности;
- в условиях риска;
- в условиях неопределенности.

К *первым* относят такие ситуации, в которых все неуправляемые переменные можно рассматривать как детерминированные и заданные с требуемой точностью, ко *вторым* – ситуации, в которых все или часть неуправляемых переменных предполагаются случайными величинами с известными законами распределения. В ситуациях *третьего* типа относительно всех либо части неуправляемых переменных известна лишь область их возможных значений. Ситуации последнего типа наиболее характерны для ранних стадий проектирования.

Поскольку значения производных переменных зависят как от значения управляемых переменных, так и значения неуправляемых переменных, то возможные последствия каждого проектного решения характеризуются в ситуациях первого типа соответствующим значением набора показателей, а в остальных ситуациях – множеством возможных значений этого набора, которые могут быть получены при различных значениях неуправляемых переменных. В ситуациях второго типа на этом множестве может быть определена функция распределения.

Оценку последствий того или иного решения (с учетом элементов риска и неопределенности в значении неуправляемых переменных) обычно производят с помощью некоторых характеристик множеств возможных (при данном решении) значений каждого из показателей. В качестве этих характеристик, называемых обычно критериями, принимают математическое ожидание значения показателя, его предельные значения и т. п. Выбор той или иной характеристики определяется условиями задачи. В отдельных случаях критериями могут служить сами элементы этих множеств.

Цели, преследуемые при проектировании на каждом из его этапов, условно можно подразделить на *качественные* и *количественные*.

Под *качественными* подразумевают цели, которым соответствуют лишь два исхода – цель достигнута или не достигнута. Все решения, приводящие к достижению некоторой качественной цели, одинаково хороши с точки зрения этой цели, и, наоборот, все решения, не приводящие к достижению этой цели, одинаково плохи. Примером качественной цели является стремление обеспечить получение той или иной технико-экономической характеристики проектируемого объекта в заданных пределах.

Соотношения, описывающие условие выполнимости качественных целей, обычно называют ограничениями модели, а решения, удовлетворяющие этим условиям, допустимыми, поэтому соответствующие критерии – *критериями допустимости*.

Под *количественными* целями подразумевают такие цели, которые заключаются в стремлении увеличить (или уменьшить) некоторые характеристики (например, технико-экономические) проектируемого объекта, зависящие от принимаемых решений. С точки зрения количественной цели, решение будет тем лучше, чем больше (или меньше) при этом значение соответствующего критерия. Критерии, служащие для выражения

количественных целей, обычно называют *критериями эффективности* (частными критериями эффективности).

Критерии эффективности используются при построении мер оценки качества проектных решений и выбора наилучших из множества допустимых. Эта задача решается сравнительно просто в случае, когда имеется лишь одна количественная цель и задача заключается в нахождении такого решения, которому отвечает наименьшее (или наибольшее) значение критерия, соответствующего этой цели. Однако в большинстве реальных проектных задач выбор наилучшего решения связан с необходимостью учета большого числа зачастую противоречивых целей. Принимая решения, улучшающие оценки по одним критериям, мы одновременно можем ухудшить оценки по другим критериям. В этих ситуациях возникает далеко не тривиальная задача оценки и сравнения различных проектных решений при так называемом векторном критерии эффективности, т. е. с точки зрения всех количественных целей в совокупности.

Один из наиболее распространенных в настоящее время подходов к решению данной задачи связан с построением на базе частных критериев эффективности некоторого обобщенного критерия. Этот критерий является скалярной функцией частных критериев и должен учитывать степень достижения всех целей в совокупности, отражая их относительную значимость исходя из общих целей.

Поскольку каждый из частных критериев является фактически функцией управляемых переменных (определяемой условиями конкретной задачи), то и обобщенный критерий, в свою очередь, можно рассматривать как некоторую функцию управляемых переменных. Эту функцию обычно называют целевой функцией. Решение из множества допустимых считается тем лучше (по совокупности целей), чем больше (или меньше) соответствующее ему значение целевой функции. При изменении целевой функции структура предпочтения на множестве допустимых решений, естественно, изменяется.

Множество возможных значений управляемых переменных, система ограничений и целевая функция являются основными компонентами операционной модели. В качестве значений переменных модели могут выступать не только числа, но и элементы другой природы (множества, графы, перестановки и т. п.). В свою очередь соотношения между переменными могут быть заданы как аналитически, так и алгоритмически.

В случае, если все компоненты модели определены, соответствующая проектная задача сводится к следующей экстремальной задаче: отыскать такие значения управляемых переменных, которые удовлетворяют условиям и минимизируют (или максимизируют) значение целевой функции.

Приведенные соотношения характеризуют лишь общую структуру операционных моделей. Эти модели для различных классов проектных задач могут отличаться друг от друга типом переменных, способом описания компонент, видом функций, используемых в этом описании, и т.п. Это обуславливает многообразие методов, применяемых при решении соответствующих экстремальных задач. Вместе с тем разные по содержанию и постановке проектные задачи зачастую могут быть описаны одинаковыми или близкими по форме операционными моделями, что позволяет при решении этих задач использовать одни и те же методы.

Целесообразность использования того или иного математического аппарата при разработке методов принятия решений на моделях в значительной мере определяется особенностями их математической структуры.

Из универсальных методов решения нелинейных задач математического программирования широкое распространение получили различные модификации методов штрафных функций, возможных направлений, динамического программирования, случайного поиска и некоторые другие.

В ряде моделей все либо часть управляемых переменных могут принимать значения лишь из некоторого конечного множества. В этом случае приходим к задачам целочисленного программирования, методы решения которых развиты значительно меньше.

При решении проектных задач, связанных с оптимизацией структуры проектируемого объекта, обычно в качестве всех либо части управляемых переменных выступают элементы иной (по сравнению с действительными числами) природы. Соответствующие экстремальные задачи обычно называют задачами дискретного программирования. Эти задачи, как правило, значительно более трудоемки и сложны при решении. Из применяемых здесь методов можно отметить различные модификации методов последовательного анализа вариантов, динамического программирования, ветвей и границ, случайного поиска.

При итерационной схеме процесса проектирования одна и та же модель может многократно использоваться в ходе проектирования для принятия решений при различных предположениях о неуправляемых переменных. Это предъявляет повышенные требования к быстройдействию методов, используемых для получения решения, и в ряде случаев ограничивает возможность применения «универсальных» методов. В связи с этим возникает необходимость в разработке специальных методов, ориентированных на решение сравнительно узких классов задач оптимального проектирования, носящих типовой характер. При разработке этих методов целесообразно разумное сочетание строгих математических методов и разнообразных эвристических приемов, учитывающих инженерные особенности задачи. Это позволяет получить требуемые результаты при сравнительно небольших затратах как на разработку методов и программ, так и при их использовании.

### ПОСТРОЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Построение операционных моделей реальных проектных задач является в значительной мере творческим процессом, требующим от разработчиков определенной изобретательности, знания рассматриваемого класса проектных задач, методов, с помощью которых могут быть смоделированы и описаны их отдельные фрагменты, особенностей и возможностей формального аппарата и технических средств, используемых при решении соответствующих экстремальных задач.

Процесс операционного моделирования условно можно подразделить на следующие основные этапы:

- постановка задачи;
- построение модели и ее анализ;
- разработка методов получения проектных решений на модели;
- экспериментальная проверка и корректировка модели и методов.

Приведенный порядок соответствует общей последовательности выполнения этапов, хотя это и не означает, что переход к последующим этапам возможен только после полного завершения предыдущих. При моделировании необходимо учитывать как взаимосвязь во времени отдельных этапов, так и возможное влияние результатов, полученных при выполнении каждого из этапов, на остальные. Это приводит к тому, что процесс моделирования носит, как правило, итерационный характер. На каждом последующем шаге цели и задачи каждого этапа уточняются и изменяются.

Непосредственному построению модели предшествует, как правило, всесторонний системный анализ проектной задачи. В ходе этого анализа при принятом уровне детализации проектируемого объекта определяются «рычаги», позволяющие влиять на качество проектных решений, выявляются возможные структуры этих решений, выделяются и изучаются факторы, влияющие на выбор проектных решений,

устанавливаются взаимосвязи между различными фрагментами проектной задачи, исследуются причинно-следственные связи и т. д.

Весьма ответственным этапом такого анализа является выявление целей, преследуемых при выборе проектного решения на данном этапе проектирования, и их формулирование в виде, удобном для последующего использования в рамках строящейся модели.

В простейшем случае эти цели могут быть заданы или получены из соответствующих методических материалов по проектированию рассматриваемого класса объектов, опроса специалистов. В общем случае необходимо специальное исследование, как-то: технико-экономический анализ проектируемого объекта; ретроспективный анализ проектных решений, принятых при проектировании аналогичных объектов; проведение экспертиз и т.д.

На базе результатов системного анализа может быть построена предварительная модель проектной ситуации. Вначале эта модель может носить упрощенный характер, описываться в терминах естественных языков соответствующей области проектирования и отражать наши общие представления о проектной задаче, ее наиболее существенных элементах и характере связей между ними. Соотношения между элементами в этих моделях описываются обычно на качественном уровне, а сами модели имеют нередко вид различных схем, отражающих структуру связей между элементами. Приводятся основные исходные посылки и предложения, которые предполагается принять при построении операционной модели.

Эта упрощенная модель позволяет наметить пути дальнейшего исследования проектной задачи. Вновь полученная информация в свою очередь позволяет уточнить модель и т.д., пока не будет достигнута требуемая степень адекватности. В ходе этого процесса выбираются моделирующие переменные, уточняются качественные и количественные связи между ними. Модель на данном этапе строится уже с использованием математических понятий и формальных языков. Вначале она строится как модель описательная, при этом среди моделирующих переменных различают в основном две группы переменных: управляемые и неуправляемые, с одной стороны, и производные – с другой.

На последующих этапах происходит дальнейшая детализация моделирующих переменных. Выделяются управляемые и неуправляемые переменные, формулируются критерии, последние подразделяются на критерии допустимости и критерии эффективности. По выбранной совокупности критериев затем формируется (в соответствии с принятыми принципами) правило сравнения решений, в частности строится обобщенный критерий.

Следует заметить, что подразделение переменных на управляемые и неуправляемые, а критериев на критерии допустимости и критерии эффективности зачастую носит относительный характер и полностью определяется конкретными задачами моделирования. В зависимости от постановки задачи из одной и той же описательной модели могут быть получены различные операционные модели, отличающиеся друг от друга структурой системы моделирующих переменных. Так, например, по одной и той же описательной модели процесса резания могут быть построены операционные модели для выбора оптимальных режимов резания, в которых в зависимости от конкретных требований «геометрия» инструмента может быть как управляемыми, так и неуправляемыми переменными, а производительность процесса – как критерием допустимости, так и критерием эффективности либо тем и другим одновременно.

На заключительных этапах построения производится дальнейшее уточнение структуры системы моделирующих переменных. С использованием различного рода

преобразований взаимосвязи между переменными представляются в форме, удобной для последующего анализа и работы с моделью.

Наиболее просто моделируются объекты, структура и взаимосвязи между элементами которых сравнительно просты и могут быть получены непосредственно в результате их изучения. В этом случае может быть применено непосредственное моделирование, суть которого заключается в том, что каждому элементу объекта и отношению между ними ставится в соответствие определенное математическое понятие.

В случае, когда исследуемый объект сходен (с рассматриваемой точки зрения) с некоторым другим объектом, для получения модели первого объекта можно воспользоваться моделью второго объекта с соответствующими дополнениями и изменениями. Такой метод моделирования называется моделированием по аналогии.

При моделировании по анализу данных об объекте его математическая модель может быть получена в результате проверки ряда последовательно уточняющих гипотез о структуре и характере функционирования объекта. Проверка и уточнение производятся с использованием данных, не участвующих в построении гипотезы. Если этих данных недостаточно, проверка гипотез может быть осуществлена с использованием соответствующего эксперимента (моделирование с использованием эксперимента). При моделировании с использованием последних двух подходов существенную помощь может оказать разрабатываемая в кибернетике теория «черного ящика».

При построении модели стремятся найти разумный компромисс между желанием как можно более полно отразить особенности проектной задачи и стремлением построить модель, удобную для последующего анализа и получения решений. Следует иметь в виду, что учет второстепенных деталей обычно дает лишь иллюзию достоверности, тем более, что точные сведения о деталях обычно отсутствуют. Упрощенная модель проектной задачи, позволяющая получить рациональное решение, зачастую оказывается более полезной, чем ее уточненная модель, не обеспечивающая этой задачи. Поэтому при построении модели следует исходить, прежде всего, из целей моделирования, требуемой достоверности результата, возможности получения информации с требуемой степенью достоверности, возможности получения решения на этой модели в приемлемое время с помощью имеющегося в распоряжении или разрабатываемого программно-технического обеспечения. Обычно при построении модели стремятся ограничиться выбором лишь наиболее существенных переменных и взаимосвязей между ними. Широкое распространение получили такие приемы упрощения моделей, как:

- агрегатирование переменных (замена группы сравнительно однородных переменных их «усредненным» представителем),
- рассмотрение управляемой переменной как неуправляемой,
- замена дискретной переменной непрерывной (и наоборот),
- аппроксимация сложных взаимосвязей между переменными,
- использование стандартных законов распределения случайных величин,
- замена случайной величины ее некоторым осредненным значением и т.п.

Требования адекватности моделей во многом ограничивают возможность применения этих приемов.

Построение операционных моделей проектных задач и разработка эффективных методов принятия решений на этих моделях являются достаточно сложными и трудоемкими процессами, требующими от разработчиков определенной квалификации и навыков. Поэтому для успешного применения методов операционного моделирования при автоматизации процессов принятия проектных решений целесообразно выделить типовые (для данной САПР) подзадачи принятия проектных решений. Для каждой такой подзадачи можно разработать одну или несколько операционных моделей, отличающихся степенью учета различных факторов, влияющих на выбор решения. В свою очередь для каждой

такой модели (или группы однородных по своей математической структуре моделей) необходимо разработать одну или несколько процедур принятия решений, учитывающих специфические особенности этих моделей и позволяющих получать искомые проектные решения при различных требованиях по точности, быстродействию и т.п.

Естественно, что набор типовых моделей не может отразить всего многообразия задач принятия проектных решений, которые могут возникнуть в ходе проектирования различных объектов. Для решения этих задач проектантом могут быть построены специальные операционные модели, в качестве фрагментов которых в ряде случаев можно использовать имеющиеся в системе типовые модели или их фрагменты. Принятие проектных решений в этом случае обычно осуществляется с использованием сравнительно универсальных методов, поэтому в САПР должен быть включен достаточно развитый пакет программ, предназначенных для анализа и решения широкого класса экстремальных задач.

**Алексеев Виктор Федорович**

Профессор кафедры радиоэлектронных средств, канд.техн.наук

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г.Минск

Тел.: (+375 17) 239-84-10

E-mail: [snto@bsuir.unibel.by](mailto:snto@bsuir.unibel.by)