book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 20

Лекция 1. Введение

В лекции показано, что «Информационные технологии» — это новая отрасль знаний. Дисциплина «Информационные технологии проектирования РЭС» представлена как новый виток, более высокий уровень в проектировании РЭС. Даются основные понятия и определения, отвечающие современному уровню

Ключевые слова: Информация, информатизация, интеллектуализация, технология, информационная технология, автоматизированная информационная технология, информационная система, технологический процесс, базовый технологический процесс, информационные технологии проектирования РЭС, мультимедиа

Цель лекции: Основное назначение лекции — показать новизну, важность дисциплины «Информационные технологии проектирования РЭС» и ее место среди других дисциплин проектирования РЭС. Кроме того, необходимо привести основные термины и определения, которые введены на современном уровне знаний

1.1. Информационные технологии — новая отрасль знаний

Человечество вступило в эру информатизации, и это проявляется в следующем [79]:

- информация и информационные ресурсы на мировом рынке становятся важнейшим высокотехнологичным продуктом;
- фирмы, разрабатывающие автоматизированные информационные технологии, занимают ведущие позиции в мировой экономике, определяют дальнейшие направления развития конкурентоспособной продукции;
- без информатизации невозможно создание высоких технологий;
- информационные технологии (ИТ) открывают новые возможности в повышении эффективности производственных процессов, в сфере образования и быта, они выводят на новый уровень автоматизацию технологических процессов и управленческий труд, обеспечивают групповое ведение проектных работ, Интернет-технологии, CALS-технологии, дистанционное образование и т. д.;
- информатизация общества ведет к интернационализации производства [68, 109].

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 21

Показателем научно-технической мощи страны становится внешнеторговый баланс профессиональных знаний, который реализуется рынком лицензий производственных процессов, «ноу-хау» и консультациями по применению наукоемких изделий. Например, США около 80% нововведений передают дочерним предприятиям в других странах. Пока эти предприятия осваивают предложенную технологию, в США готовят новые, т. е. реализуется опережающий технологический цикл высокоразвитой страны. К числу важнейших компонентов информационной мощи США относится глобальное лидерство в разработке, производстве и использовании информационных технологий.

Таким образом, эволюция мирового рынка дает преимущества стране, создающей у себя и передающей для производства другим странам наукоемкие изделия. Последние должны включать новые технологии и современные профессиональные знания. Идет торговля невидимым продуктом: знаниями, культурой; происходит навязывание высокоразвитыми странами стереотипа поведения. Именно поэтому в информационном обществе стратегическим ресурсом становятся информация, знание, творчество. Посредством дистанционного обучения, компьютерных игр, компьютерных видеофильмов и других ИТ компьютерные технологии оказывают огромное влияние на формирование условий и среды, в которых развиваются и процветают таланты. Предполагается, что социальное влияние информационной революции будет заключаться в синтезе западной и восточной мысли.

ИТ играют серьезную стратегическую роль в развитии каждой страны. Их значение быстро увеличивается за счет того, что ИТ:

- активизируют и повышают эффективность использования информационных ресурсов, обеспечивают экономию сырья, энергии, полезных ископаемых, материалов и оборудования, людских ресурсов, социального времени;
- реализуют наиболее важные и интеллектуальные функции социальных процессов;
- занимают центральное место в процессе интеллектуализации общества, в развитии системы образования, культуры, новых (экранных) форм искусства, популяризации шедевров мировой культуры и истории развития человечества;
- обеспечивают информационное взаимодействие людей, способствуют распространению массовой информации;
- быстро ассимилируются культурой общества, снимают многие социальные, бытовые и производственные проблемы, расширяют внутренние и международные экономические и культурные связи, влияют на миграцию населения по планете;

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 22

- оптимизируют и автоматизируют информационные процессы в период становления информационного общества;
- играют ключевую роль в процессах получения, накопления, распространения новых знаний по трем направлениям.

Первое из них — информационное моделирование, позволяющее проводить «вычислительный эксперимент» даже в условиях, которые невозможны при натуральном эксперименте из-за опасности, сложности и дороговизны.

Второе направление основано на методах искусственного интеллекта, оно позволяет находить решения плохо формализуемых задач, задач с неполной информацией и нечеткими исходными данными по аналогии с созданием метапроцедур, используемых человеческим мозгом.

Третье направление базируется на методах когнитивной графики, т. е. совокупности приемов и методов образного представления условий задачи, которые позволяют сразу увидеть решение либо получить подсказку для его нахождения. Оно открывает возможности познания человеком самого себя, принципов функционирования своего сознания. Кроме того, в этом случае становится возможным реализовать методы информационного моделирования глобальных процессов, что обеспечивает возможность прогнозирования многих природных ситуаций в регионах повышенной социальной и политической напряженности, экологических катастроф, крупных техногенных аварий.

1.2. Основные определения

Ежегодно терминология в области ИТ пополняется новыми понятиями, аббревиатурами и т. п., поэтому в настоящем разделе приводятся лишь определения самого общего характера.

Сам термин **информация** происходит от латинского слова information — «разъяснение, осведомление, изложение». Понятие «информация» достаточно широко используется в обычной жизни современного человека, поэтому каждый имеет интуитивное представление о том, что это такое. Но когда наука начинает применять общеизвестные понятия, она уточняет их, ограничивает использование термина строгими рамками его применения в конкретной научной области. Так, понятие информации, становясь предметом изучения многих наук, в каждой из них конкретизируется и обогащается. Понятие информации является одним из основных в современной науке. Значение информации в жизни общества стремительно растет, меняются методы работы с информацией, расширяются сферы применения новых информационных технологий. Сложность явления информации, его многоплановость, широта сферы применения и быстрое развитие отражаются в постоянном появлении новых толкований понятий информации и инфор-

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 23

мационных технологий. Поэтому имеются разные определения понятия информации, от наиболее общего, философского — «Информация есть отражение реального мира», — до узкого, практического — «Информация есть все сведения, являющиеся объектом хранения, передачи и преобразования». Приведем для сопоставления также некоторые другие определения и характеристики [21].

- Информация является одной из фундаментальных сущностей окружающего нас мира (акад. Г. Поспелов).
- Информация — сведения, передаваемые одними людьми другим людям устным, письменным или каким-нибудь другим способом (БСЭ).
- Информация является одним из основных универсальных свойств материи [21].

Под **информацией** необходимо понимать не сами предметы и процессы, а их отражение или отображение в виде чисел, формул, описаний, чертежей, символов, образов. Сама по себе информация может быть отнесена к области абстрактных категорий, подобных, например, математическим формулам, однако работа с ней всегда связана с использованием каких-нибудь материалов и затратами энергии. Информация хранится в наскальных рисунках древних людей в камне, в текстах книг на бумаге, в картинах на холсте, в музыкальных магнитофонных записях на магнитной ленте, в данных оперативной памяти компьютера, в наследственном коде ДНК в каждой живой клетке, в памяти человека в его мозгу и т. д. Для ее записи, хранения, обработки, распространения нужны материалы (камень, бумага, холст, магнитная лента, электронные носители данных). Кроме того, нужна энергия — например, для того, чтобы приводить в действие печатающие машины, создавать искусственный климат для хранения шедевров изобразительного искусства, питать электричеством электронные схемы калькулятора, поддерживать работу передатчиков на радио- и телевизионных станциях.

Термин **информатизация** может расшифровываться как эффективное использование обществом информации и средств вычислительной техники во всех сферах деятельности, как комплекс мер, направленных на обеспечение полного и своевременного использования достоверных знаний во всех общественно значимых видах человеческой деятельности. Основная цель информатизации — обеспечение решения актуальных проблем общества, удовлетворение спроса на информационные продукты и услуги [65, 66]. Важность информатизации подчеркивается ее местом в «концепции четырех И», т. е. информатизация, интеллектуализация, интеграция и индивидуализация [76].

Под **интеллектуализацией** понимается создание и использование систем, решающих интеллектуальные задачи (накопление знаний и вывод

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 24

новых, распознавание образов, общение с пользователем на естественном языке и т. д.). Интеграция предполагает комплексное решение научных, технических и социальных задач в целях развития общества.

Индивидуализация проявляется в развитии сегмента функциональных и личностных услуг во всех сферах человеческой деятельности.

Термин **технология** произошел от греческого teche + logos, т. е. «мастерство + учение». В производственном процессе под технологией понимают систему взаимосвязанных способов обработки материалов и приемов изготовления продукции. В общем случае технология — это правила действия с использованием каких-либо средств, которые являются общими для целой совокупности задач или задачных ситуаций. Если реализация технологии направлена на выработку управляющих воздействий, то это технология управления.

В узком смысле технология — это набор способов, средств выбора и осуществления управляющего процесса из множества возможных реализаций этого процесса. Под процессом (processes (лат.) — продвижение) здесь понимается функционально законченная, планируемая последовательность типовых операций со структурами данных, совершаемых за конечный промежуток времени в определенной среде, свойства которой диктуются требованиями и свойствами динамики процесса [6]. В свою очередь, процесс может быть применен и к информации с целью ее преобразования.

В последнее время широкое распространение получили термины *безбумажная технология, интерактивная технология, технология программирования, технология проектирования баз данных, CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support)-технология, сетевая технология, Internet-технология, технология анализа и реинжиниринга бизнес-процессов* и др. Все они предполагают использование информации, т.е. любого вида сведений о предметах, фактах, понятиях предметной области [17].

Современная технология должна отвечать следующим требованиям [106]:

- высокая степень расчлененности процесса на стадии (фазы);
- системная полнота (целостность) процесса, который включает все элементы, обеспечивающие необходимую завершенность действий в достижении поставленной цели;
- регулярность процесса и однозначность его фаз, позволяющие применять средние величины при характеристике этих фаз, а следовательно, их стандартизацию и унификацию.

В понятии «технология» важно выделить два аспекта. Во-первых, технология неразрывно связана с процессом, т. е. совокупностью действий, осуществляемых во времени. Во-вторых, технологический процесс протекает в искусственных системах, созданных человеком для удовлетворения каких-либо потребностей.

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 25

В широком смысле под технологией понимают науку о законах производства материальных благ. В это понятие вкладывают три основные части:

- идеологию, т. е. принципы производства;
- орудия труда, т. е. станки, машины, агрегаты;
- кадры, владеющие профессиональными навыками.

Эти составляющие называют, соответственно, информационной, инструментальной и социальной. Другими словами, *информационный* аспект включает описание принципов и методов производства, *инструментальный* — орудия труда, с помощью которых реализуется производство, *социальный* — кадры и их организацию.

В более узком промышленном смысле технология рассматривается как последовательность действий над предметом труда в целях получения конечного продукта, например, технология получения интегральных схем или изготовления РЭС.

Для конкретного производства технологию понимают в узком смысле как совокупность приемов и методов, определяющих последовательность действий для реализации производственного процесса. Уровень технологий связан с научно-техническим прогрессом общества и влияет на его социальную структуру, культуру и идеологию. Для любой технологии могут быть выделены цель, предмет и средства.

Целью технологии в промышленном производстве является повышение качества продукции, сокращение сроков ее изготовления и снижение себестоимости.

Методология любой технологии включает в себя: декомпозицию производственного процесса на отдельные взаимосвязанные и подчиненные составляющие (стадии, этапы, фазы, операции); реализацию определенной последовательности выполнения операций, этапов и стадий производственного процесса в соответствии с целью технологии; технологическую документацию, формализующую выполнение всех составляющих.

Производство информации направлено на целесообразное использование информационных ресурсов и снабжение ими всех элементов организационной структуры и реализуется путем создания информационной системы. Информационные ресурсы являются исходным «сырьем» для системы управления любой организационной структурой. Конечным продуктом является принятое решение. Принятие решения в большинстве случаев осуществляется в условиях недостатка информации, поэтому степень использования информационных ресурсов во многом определяет эффективность работы организации.

В своем становлении любая отрасль, в том числе и информационная, проходила стадии от кустарного ремесленного производства к производству, основанному на высоких технологиях.

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 26

В развитии технологии выделяют два принципиально разных этапа. Один характеризуется непрерывным совершенствованием установившейся базисной технологии и достижением верхнего предельного уровня, когда дальнейшее улучшение является неоправданным из-за больших экономических вложений. Другой этап отличается отказом от существующей технологии и переходом к принципиально иной, развивающейся по законам первого этапа.

Под **информационными технологиями** понимается вся совокупность форм, методов и средств автоматизации информационной деятельности в различных сферах.

До настоящего времени не разработано общей теории информационных технологий (ИТ) как системы целостных взаимосвязанных приемов, методов и средств обработки информации, не определены основные понятия ИТ [21]. Но достаточно понимать сущность ИТ, а также объяснить ее научное и практическое значение. Тем более что в проектировании и создании конкретных ИТ переплетается много задач из различных научных дисциплин.

Как наука ИТ включает методологические и методические положения, организационные установки, методы использования инструментально-технических средств и т. д., — все то, что регламентирует и поддерживает информационное производство и деятельность людей, вовлеченных в это производство. Трансформация новых научных знаний в конкретную информационную технологию — основная задача ИТ как науки.

Ввиду дискуссионности предмета обсуждения в [21] приводится несколько понятий ИТ:

- ИТ — это совокупность научных методов и технических приемов производства информационных продуктов и услуг с применением всего многообразия средств вычислительной техники и связи;
- ИТ — это пограничная область, которая охватывает как вычислительную технологию, так и конкретную социальную информационную практику, рационализирующую ее за счет широкого применения вычислительной техники;
- ИТ — это совокупность принципиально новых средств и методов, обеспечивающих создание, обработку, передачу, отображение и хранение информации.

Огромный толчок развитию информационных технологий принесла разработка мультимедийных средств.

Мультимедиа — это объединение нескольких средств представления информации в одной системе. Обычно под мультимедиа подразумевается объединение в компьютерной системе таких средств представления информации, как текст, звук, графика, мультипликация, видеоизображения и пространственное моделирование. Термин «мультимедиа» стал попу-

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 27

лярным сравнительно недавно, в связи с появлением мощных недорогих компьютеров.

В настоящее время имеются настольные компьютеры, способные работать со звуковой и видеоинформацией, манипулировать ею для получения специальных эффектов, синтезировать и воспроизводить звуки и видеоинформацию, создавать все виды графической информации, включая анимационные изображения, и объединять все это в едином представлении мультимедиа. Представления с использованием средств мультимедиа являются захватывающими, так как они многомодальны, т. е. одновременно воздействуют на несколько органов чувств и поэтому вызывают повышенный интерес и повышенное внимание у аудитории. Такое объединение сред обеспечивает качественно новый уровень восприятия информации: человек не просто пассивно созерцает, а активно участвует в происходящем. Именно этот феномен участия, а также технологические успехи производителей определили мультимедийный бум последних лет.

Информационные технологии обеспечивают переход от рутинных методов к промышленным методам и средствам работы с информацией в различных сферах человеческой деятельности, давая возможность рационально и эффективно ее использовать.

1.3. Возникновение информационных технологий

Понятие **информационная технология** возникло в последние десятилетия XX века в процессе становления информатики. Особенностью информационной технологии является то, что в ней и предметом, и продуктом труда является информация, а орудиями труда — средства вычислительной техники и связи. Информационная технология как наука о производстве информации возникла именно потому, что информация стала рассматриваться как вполне реальный производственный ресурс наряду с другими материальными ресурсами. При этом производство информации и ее верхнего уровня — знаний — оказывает решающее влияние на модификацию и создание новых промышленных технологий [81].

Информационная технология — совокупность методов и способов получения, обработки, представления информации, направленных на изменение ее состояния, свойств, формы, содержания и осуществляемых в интересах пользователей.

Выделяют три уровня рассмотрения информационных технологий [85]:

- первый уровень — теоретический. Основная задача — создание комплекса взаимосвязанных моделей информационных процессов, совместимых параметрически и критериально;

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 28

- второй уровень — исследовательский. Основная задача — разработка методов, позволяющих автоматизированно конструировать оптимальные конкретные информационные технологии;
- третий уровень — прикладной, который подразделяют на две страты: инструментальную и предметную.

Инструментальная *страта* (аналог — оборудование, станки, инструмент) определяет пути и средства реализации информационных технологий, которые можно разделить на:

- методические;
- информационные;
- математические;
- алгоритмические;
- технические;
- программные.

Предметная страта связана со спецификой конкретной предметной области и находит отражение в специализированных информационных технологиях, например, организационное управление, управление технологическими процессами, автоматизированное проектирование, обучение и другие.

Потребность в передаче и обмене информацией человечество испытывало уже на ранних стадиях своего развития. Если сначала для ускорения передачи информации использовались костры, курьеры, потом почта, семафорный телеграф, то с изобретением электрического телеграфа и телефона принципиально изменились возможности передачи информации. Было изобретено радио и телевидение, а затем компьютер, цифровые системы связи и вычислительные сети; создание в 1978 году первого персонального компьютера явилось причиной быстрого его распространения и развития в качестве инструментального средства накопления, преобразования и передачи информации и позволило новым, **автоматизированным информационным технологиям** внедриться практически во все области человеческой деятельности. Интеграция достижений человечества в области средств связи, обработки, накопления и отображения информации способствовала формированию автоматизированных информационных технологий (АИТ).

Основу **автоматизированных информационных технологий** составляют следующие технические достижения:

- создание средств накопления больших объемов информации на машинных носителях, таких как магнитные и оптические диски;
- создание различных средств связи, таких как радио- и телевизионная связь, телекс, телефакс, цифровые системы связи, компьютерные сети, космическая связь, позволяющих воспринимать, использовать и передавать информацию практически в любой точке земного шара;

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 29

- создание компьютера, особенно персонального, позволяющего по определенным алгоритмам обрабатывать и отображать информацию, накапливать и генерировать знания.

Автоматизированные информационные технологии ориентированы на увеличение степени автоматизации всех информационных операций и, следовательно, на ускорение научно-технического прогресса общества.

1.4. Информационные системы

Одновременно с широким использованием новых информационных технологий появилось понятие «информационная система» (ИС). **Информационная система** осуществляет сбор, передачу и переработку информации об объекте, снабжает работников различного уровня информацией для реализации функции управления [85].

Успешное внедрение информационных технологий связано с возможностью их типизации. Конкретная информационная технология обладает комплексным составом компонентов, поэтому целесообразно определить ее структуру и состав.

Конкретная информационная технология определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, специализированных технологий и средств реализации.

Технологический процесс — часть информационного процесса, содержащая действия (физические, механические и т. д.) по изменению состояния информации.

Информационная технология базируется на реализации информационных процессов, разнообразие которых требует выделения базовых, характерных для любой информационной технологии.

Базовый технологический процесс основан на применении стандартных моделей и инструментальных средств. Он может быть использован в качестве составной части информационной технологии. К их числу можно отнести: операции извлечения, транспортировки, хранения, обработки и представления информации.

Среди базовых технологических процессов выделяют [85]:

- извлечение информации;
- транспортирование информации;
- обработку информации;
- хранение информации;
- представление и использование информации.

Процесс извлечения информации связан с переходом от реального представления предметной области к его описанию в формальном виде и в виде данных, которые отражают это представление.

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 30

В процессе транспортирования осуществляют передачу информации на расстояние для ускоренного обмена и организации быстрого доступа к ней, используя при этом различные способы преобразования.

Процесс обработки информации состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем выполнения некоторых алгоритмов; он является одной из основных операций, выполняемых над информацией, и, главным образом, путем увеличения ее объема и разнообразия.

Процесс хранения связан с необходимостью накопления и долговременного хранения данных, обеспечением их актуальности, ценности, безопасности, доступности.

Процесс представления и использования информации направлен на решение задачи доступа к информации в удобной для пользователя форме.

Базовые информационные технологии строятся на основе базовых технологических операций, но кроме этого включают в себя ряд специфических моделей и инструментальных средств. Этот вид технологий ориентирован на решение определенного класса задач и используется в конкретных технологиях в виде отдельной компоненты. Среди них выделяют [7]:

- мультимедиа-технологии;
- геоинформационные технологии;
- технологии защиты информации;
- CASE-технологии;
- телекоммуникационные технологии;
- COLS-технологии;
- технологии искусственного интеллекта.

Специфика конкретной предметной области находит отражение в специализированных информационных технологиях, например, организационное управление, управление технологическими процессами, автоматизированное проектирование, обучение и другие. Среди них наиболее прогрессивными являются следующие информационные технологии:

- организационного управления (корпоративные информационные технологии);
- в промышленности и экономике;
- в образовании;
- автоматизированного проектирования.

Аналогом инструментальной базы (оборудование, станки, инструмент) являются средства реализации информационных технологий. Последние можно разделить на методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные.

CASE-технология (Computer Aided Software Engineering — Компьютерное Автоматизированное Проектирование Программного обеспече-

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 31

ния) является своеобразной «технологической оснасткой», позволяющей осуществить автоматизированное проектирование информационных технологий.

Методические средства определяют требования при разработке, внедрении и эксплуатации информационных технологий, обеспечивая информационную, программную и техническую совместимость. Наиболее важными из них являются требования по стандартизации.

Информационные средства обеспечивают эффективное представление предметной области; к их числу относятся информационные модели, системы классификации и кодирования информации (общероссийские, отраслевые) и т. д.

Математические средства включают в себя модели решения функциональных задач и модели организации информационных процессов, обеспечивающие эффективное принятие решения. Математические средства автоматически переходят в алгоритмические, обеспечивающие их реализацию.

Технические и программные средства задают уровень реализации информационных технологий как при их создании, так и при реализации.

CALS-технология предназначена для унификации и стандартизации спецификаций промышленной продукции на всех этапах ее жизненного цикла [58].

Таким образом, конкретная информационная технология определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, «отраслевых технологий» и средств реализации.

Внедрение информационных систем повышает эффективность производственно-хозяйственной деятельности предприятия за счет не только обработки и хранения информации, автоматизации рутинных работ, но и принципиально новых методов управления. Последние основаны на моделировании действий специалистов при принятии решений (методы искусственного интеллекта, экспертные системы и т. п.), использовании современных средств телекоммуникации (электронная почта, телеконференции), глобальных и локальных вычислительных сетей и т. д. [29].

По сфере применения информационные системы классифицируются следующим образом:

- ИС для научных исследований;
- ИС автоматизированного проектирования;
- ИС организационного управления.

Научные ИС используются для автоматизации научной деятельности, анализа статистической информации, управления экспериментом.

ИС автоматизированного проектирования применяют для:

- разработки новых изделий и технологий их производства;
- различных инженерных расчетов;

book-Golovitsina 4/1/08 3:51 PM Page 32

- создания графической документации (чертежей, схем, графиков и т. д.);
- моделирования проектируемых объектов.

ИС организационного управления предназначены для автоматизации функций административного аппарата. К ним относятся ИС управления как промышленными предприятиями, так и непромышленными объектами (банками, биржами, страховыми компаниями, гостиницами и т. д.) и отдельными офисами (офисные системы).

ИС управления технологическими процессами создают для автоматизации различных технологических процессов.

1.5. Информационные технологии проектирования РЭС

Исключительно важную роль ИТ оказывают на развитие радиоэлектронных средств (РЭС), которые обеспечивают все виды связи, вычислительные средства, продукцию оборонных промышленных комплексов и других отраслей промышленности. В настоящее время *практически нет* продукции либо услуги, которая бы не содержала или не использовала электроники. ИТ и электроника вместе с вычислительной техникой являются основой создания высоких технологий.

Необходимость внедрения ИТ для развития РЭС объясняется требованиями к сокращению сроков проектирования и подготовки производства для выпуска новых и модернизируемых изделий, затрат на проектирование и производство, стоимости долговременного послепродажного обслуживания [7]. Кроме того, ИТ необходимы для перестройки (реинжиниринга) предприятий в соответствии с современными требованиями повышения качества и конкурентоспособности изделий, восстановления старых рынков сбыта и выхода на новые рынки.

Обновление или реинжиниринг (Reengineering) бизнес-процессов с позиций менеджмента определяется как «фундаментальное переосмысление и радикальная перестройка бизнес-процессов компаний с целью достижения коренных улучшений актуальных показателей их деятельности: стоимости, качества, услуг и темпов» [85].

На этапах жизненного цикла электронных средств широко применяются следующие ИТ [37]:

- «электронные» САПР, обеспечивающие моделирование аналоговых (в том числе СВЧ) и цифровых устройств, разработку программируемых логических интегральных схем, автотрассировку печатных плат, комплексное описание компонентов проектируемых устройств, моделирование электромагнитных полей трехмерных структур и т. д. Здесь выделяют «легкие» (с меньшим чис-

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 33

лом функций и более дешевые), «средние» и «тяжелые» САПР (с расширенными возможностями и более дорогие).

- специализированные информационные технологии и системы, например, CASE (Computer-Aided Software / System Engineering)-технологии, SCADA (Supervisor Control And Date Acquisition) системы, системы моделирования и анализа электронных схем и т.д.
- технологии класса MRPII (Manufacturing Recourse Planning) и ERP (Enterprise Resource Planning), обеспечивающие решение широкого спектра задач планирования ресурсов и управления деятельностью предприятий. В последние годы, характеризующиеся ожесточением конкуренции, интенсивно развиваются CRM (Customer Relationship Management) системы как набор приложений или в виде надстройки над ERP. В CRM-системах акцент делается на взаимоотношения «компания—клиент» и, прежде всего, удержание старых клиентов за счет учета их индивидуальных потребностей и особенностей. Основными разработчиками ERP-систем являются фирмы Oracle, Microsoft, SAP, BAAN, People Soft и многие другие. К ведущим отечественным компаниям на рынке EPR-систем относятся «Парус», «Галактика», «АйТи», «Цефей» [66].

Расширяется применение технологии XML (eXtensible Markup Language), которая охватывает важнейшие задачи бизнес-приложений: обмен данными между системами разных производителей, обмен документами между предприятиями (B2B — Business-to-Business), сбор отчетности государственными организациями, поставка данных Интернет-клиентами и другие.

Без использования ИТ невозможно функционирование многих современных систем, например САПР, АСУ, CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support), логистики и т. д. [95, 89].

Грамотное использование ИТ и ИС позволяет извлекать максимум пользы из всей имеющейся на предприятии информации и благодаря этому делать более точные прогнозы, избегать возможных ошибок при принятии управленческих и проектных решений в условиях неопределенности и риска. Жесткая конкурентная борьба делает предприятия крайне чувствительными к малейшим просчетам в управлении, преимущества имеют предприятия, использующие современные информационные технологии.

Наряду с очевидными благами неквалифицированный подход к использованию ИТ таит в себе определенные опасности. К ним можно отнести следующие:

- меньше времени уделяется изучению непосредственно применяемых математических методов, физическому смыслу моделируемых явлений и другим теоретическим аспектам;

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 34

- повышается опасность разглашения конфиденциальной информации, появляются новые виды преступлений;
- облегчается реклама некачественной продукции;
- возможны значительные материальные издержки при неудачном ИТ-проекте и др.

Например, в 2001 году ошибки в программном обеспечении принесли убыток мировой экономике на сумму 175 млрд. долларов. Риски внедрения крупных программных систем в настоящее время достигают 70% [68].

Контрольные вопросы и упражнения

1. Что характеризует эру информатизации?
2. Дайте определение понятия «информация». В чем состоят ее особенности?
3. Раскройте понятие «технология» и ее аспекты.
4. Что явилось причиной возникновения понятия «информационные технологии»?
5. Какие достижения человечества обусловили появление автоматизированных информационных технологий?
6. Что такое информационная система?
7. Каковы цель, методы и средства автоматизированной информационной технологии?
8. Что дает внедрение ИТ для предприятий электронного профиля?

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 35

Лекция 2. Основы автоматизированного проектирования конструкций и технологических процессов производства РЭС

В лекции объясняется сущность процесса проектирования РЭС и системного подхода к задаче автоматизированного проектирования РЭС. Излагаются задачи проектирования по степени новизны проектируемых изделий. Рассматривается сущность системного подхода к проектированию

Ключевые слова: проектирование, этапы проектирования, стадии проектирования, проектная процедура, проектная операция, маршрут проектирования, анализ, синтез, структурный синтез, параметрический синтез, эвристический многофункциональный анализ, системный объект, критерий, принцип целостности, принцип иерархичности, алгоритм функционирования, степень централизации, норма управляемости

Цель лекции: Основное назначение лекции: показать сущность процесса проектирования РЭС, принципы проектирования и основной принцип проектирования — системный подход

2.1. Сущность процесса проектирования

Сущность процесса проектирования РЭС заключается в разработке конструкций и технологических процессов производства новых радиоэлектронных средств, которые должны с минимальными затратами и максимальной эффективностью выполнять предписанные им функции в требуемых условиях [70, 71].

Проектирование любого технологического объекта — создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта. Образ объекта или его составных частей может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты производства РЭС, промышленные изделия или процессы. Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ), отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации [70, 71].

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 36

Обычно ТЗ представляют в виде некоторых документов, и оно является *исходным (первичным) описанием объекта.* Результатом проектирования, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация и есть *проект,* точнее *окончательное описание* объекта. Следовательно, проектирование — процесс, заключающийся в получении и преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характеров.

Проектирование сложных объектов основано на применении идей и принципов, изложенных в ряде теорий и подходов. Наиболее общим подходом является системный подход, идеями которого пронизаны различные методики проектирования сложных систем [72]. В результате проектирования создаются новые, более совершенные РЭС, отличающиеся от своих аналогов и прототипов более высокой эффективностью за счет использования новых физических явлений и принципов функционирования, более совершенной элементной базы и структуры, улучшенных конструкций и прогрессивных технологических процессов.

По *степени новизны* проектируемых изделий различают следующие задачи проектирования:

- частичная модернизация существующего РЭС (изменение его параметров, структуры и конструкции), обеспечивающая сравнительно небольшое (несколько десятков процентов) улучшение одного или нескольких показателей качества для оптимального решения тех же или новых задач;
- существенная модернизация, которая предполагает значительное улучшение (в несколько раз) показателей качества;
- создание новых РЭС, основанных на новых принципах действия, конструирования и производства для резкого увеличения (на несколько порядков) показателей качества при решении тех же или существенно новых задач.

Проектирование является сложным многоэтапным процессом, в котором могут принимать участие большие коллективы специалистов, целые институты и научно-производственные объединения, а также организации заказчиков, которым предстоит эксплуатировать разработанную аппаратуру.

С точки зрения *последовательности* выполнения различают основные *стадии проектирования*:

- *предварительное* проектирование, результатом которого являются технические предложения (аван-проект). Эта стадия в наибольшей степени насыщена элементами научного поиска, теоретическими расчетами, экспериментальными исследованиями. Они завершаются обычно созданием лабораторных макетов;

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 37

- *эскизное* проектирование, результатом которого является эскизный проект. На этой стадии усилия разработчиков во многом направлены на поиски эффективных конструкторских решений. Она также связана с большим объемом теоретических изысканий, сложных расчетов и заканчивается созданием экспериментального образца проектируемого изделия и его тщательными экспериментальными исследованиями;
- *техническое* проектирование, при котором выполняется тщательная проработка всех схемных, конструкторских и технологических решений. На стадии технического проектирования создается техническая документация на разрабатываемую аппаратуру и процессы ее производства. Итогом являются *технический проект,* содержащий необходимую документацию, и опытный образец изделий, прошедший всесторонние испытания в реальных условиях эксплуатации.

Создание технической документации, на основе которой происходит в дальнейшем единичное, серийное или массовое производство РЭС — это особенно трудоемкий процесс.

С точки зрения *содержания* решаемых задач процесс проектирования разбивают на следующие *этапы:*

- *системотехническое проектирование*, при котором выбираются и формулируются цели проектирования, обосновываются исходные данные и определяются принципы построения системы. При этом формируется структура проектируемого объекта, его составных частей, которыми обычно являются функционально завершенные блоки, определяются энергетические и информационные связи между составными частями. В результате формируются и формулируются частные технические задания на проектирование отдельных составных частей объекта;
- *функциональное проектирование*, применительно к РЭС называемое также *схемотехническим,* имеет целью аппаратурную реализацию составных частей системы (комплексов, устройств, узлов). При этом выбирают элементную базу, принципиальные схемы и оптимизируют параметры (осуществляют структурный и параметрический синтез схем) с точки зрения обеспечения наилучшего функционирования и эффективного производства. При выборе элементной базы и синтезе схем стремятся учитывать конструкторско-технологические требования;
- *конструирование,* называемое также техническим проектированием, решает задачи компоновки схем и размещения элементов и узлов, осуществления печатных и проводных соединений для РЭС всех уровней (модулей, ячеек, блоков, шкафов), а также за-

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 38

дачи теплоотвода, электрической прочности, защиты от внешних воздействий и т. п. При этом стремятся оптимизировать принимаемые решения по конструктивно-технологическим, экономическим и эксплуатационным показателям. На этом этапе проектирования разрабатывают техническую документацию, необходимую для изготовления и эксплуатации РЭС;

- *технологическая подготовка производства* обеспечивает разработку технологических процессов изготовления отдельных блоков и всей системы в целом. На этом этапе проектирования создается технологическая документация на основе предшествующих результатов. Каждый этап проектирования сводится к *формированию описаний* проектируемого РЭС, относящихся к различным иерархическим уровням и аспектам его создания и работы.

Этапы проектирования состоят из отдельных *проектных процедур,* которые заканчиваются *частным проектным решением.* Типичными для проектирования РЭС процедурами являются *анализ* и *синтез* описаний различных уровней и аспектов.

Процедура *анализа* состоит в определении свойств заданного (или выбранного) описания. Примерами такой процедуры могут служить расчет частотных или переходных характеристик электронных схем, определение реакции схемы на заданное воздействие. Анализ позволяет оценить степень удовлетворения проектного решения заданным требованиям и его пригодность.

Процедура *синтеза* заключается в создании проектного решения (описания) по заданным требованиям, свойствам и ограничениям. Например, широко используются при проектировании РЭС процедуры синтеза электронных схем по их заданным характеристикам в частотной или временной области. При этом в процессе синтеза может создаваться структура схемы (*структурный синтез*) либо определяться параметры элементов заданной схемы, обеспечивающие требуемые характеристики (*параметрический синтез*).

Процедуры анализа и синтеза в процессе проектирования тесно связаны между собой, поскольку обе они направлены на создание приемлемого или оптимального проектного решения.

Типичной проектной процедурой является *оптимизация,* которая приводит к оптимальному (по определенному критерию) проектному решению. Например, широко используется оптимизация параметров электронных схем с целью наилучшего приближения частотных характеристик к заданным. Процедура оптимизации состоит в многократном анализе при целевом изменении параметров схемы до удовлетворительного приближения к заданным характеристикам. Оптимизация обеспечивает создание (синтез) проектного решения, но включает поэтапную оценку характеристик (анализ).

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 39

Проектные процедуры состоят из отдельных *проектных операций*. Например, в процессе анализа математических моделей РЭС приходится решать дифференциальные и алгебраические уравнения, осуществлять операции с матрицами. Такие операции могут иметь обособленный характер, но в целом они образуют единую проектную процедуру.

Проектные процедуры и операции выполняются в определенной последовательности, называемой *маршрутом проектирования*.

Маршруты проектирования могут начинаться с нижних иерархических уровней описаний (восходящее проектирование) либо с верхних (нисходящее проектирование).

Между всеми этапами проектирования существует глубокая взаимосвязь. Так, определение окончательной конструкции и разработка всей технической документации часто не могут быть выполнены до окончания разработки технологии. В процессе конструирования и разработки технологии может потребоваться коррекция принципиальных схем, структуры системы и даже исходных данных. Поэтому процесс проектирования является не только многоэтапным, но и многократно корректируемым по мере его выполнения, т. е. проектирование носит итерационный характер.

В процессе проектирования необходимо не просто создать аппаратуру, которая будет обеспечивать заданное функционирование, но и оптимизировать ее по широкому спектру функциональных, конструкторско-технологических, эксплуатационных и экономических показателей. На отдельных этапах для отдельных частных задач оптимизацию можно осуществить на основе разработанных формальных математических методов. Однако применительно к комплексным РЭС задача оптимизации часто не поддается формализации. Встречаясь с такой ситуацией, разработчики обычно рассматривают несколько вариантов решения поставленной задачи, подсказанных, как правило, предшествующим коллективным опытом, интуицией, и выбирают лучший из них. Такой подход называется *эвристическим многовариантным анализом*. Однако в связи с все возрастающей сложностью РЭС, с повышением требований к ним необходимые расчеты оказываются все более трудоемкими, а количество вариантов, целесообразных для рассмотрения, постоянно возрастает. Эта ситуация получила название «тирания альтернатив» [7].

Часто на этапе проектирования трудно было предвидеть некоторые требования, вытекающие из условий эксплуатации. В результате всего этого создание нового РЭС затягивалось на долгие годы. Представляемые к испытаниям опытные образцы часто оказывались не удовлетворяющими заданным требованиям, а доводка аппаратуры происходила в процессе испытаний, что удорожало проектирование во много раз.

Подобное положение не было виной разработчиков. Это результат возникшего принципиального несоответствия традиционного подхода к

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 40

проектированию и сложности современных радиоэлектронных средств. Указанное противоречие и вызвало интенсивное развитие новой технологии проектирования РЭС.

Такое развитие базируется на системном подходе и совершенствовании процессов проектирования с применением математических методов и средств вычислительной техники, комплексной автоматизации трудоемких и рутинных проектных работ, замены макетирования и натурного моделирования математическим моделированием, использованием эффективных методов многовариантного проектирования и оптимизации, а также повышением качества управления проектированием.

2.2. Методология системного подхода к проблеме проектирования сложных систем

Системный подход позволяет найти оптимальное, в широком смысле, решение задачи проектирования за счет всестороннего, целостного рассмотрения как проектируемого изделия, так и самого процесса проектирования, и способен привести к подлинно творческим новаторским решениям, включая крупные изобретения и научные открытия.

Главным средством автоматизации проектирования являются ЭВМ и управляемые ими другие технические средства, которые создают необходимую основу для полной реализации потенциальных возможностей системного подхода.

Системный подход получает все большее распространение при проектировании и управлении. Сущность системного подхода состоит в том, что объект проектирования или управления рассматривается как система, т. е. как единство взаимосвязанных элементов, которые образуют единое целое и действуют в интересах реализации единой цели. Системный подход требует рассматривать каждый элемент системы во взаимосвязи и взаимозависимости с другими элементами, вскрывать закономерности, присущие данной конкретной системе, выявлять оптимальный режим ее функционирования. Системный подход проявляется, прежде всего, в попытке создать целостную картину исследуемого или управляемого объекта. Исследование или описание отдельных элементов при этом не является самодовлеющим, а производится с учетом роли и места элемента во всей системе [72, 50, 62, 93].

Методическим средством реализации системного подхода к исследованию, проектированию или управлению сложным процессом служит системный анализ, под которым понимается совокупность приемов и методов исследования объектов (процессов) посредством представления их в виде систем и их последующего анализа.

Всякая система общается с внешней средой, имеет *входы* $\vec{X}$ и *выходы* $\vec{P}$ из нее (рис. 2.1) [28].

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 41

Входами могут быть: состав комплектующих элементов с их параметрами; параметры пленки при производстве транзисторов и т. д.; выходами могут быть показатели качества готовой продукции (надежность РЭС, процент выхода годных приборов и т. п.).

Система обычно подвержена *возмущениям* $\vec{Z}$; для их компенсации, для того чтобы система работала в нужном режиме, используют *управляющие воздействия* $\vec{U}$ (электрические непрерывные и дискретные сигналы, различные механические воздействия и т. д.) [22, 28].

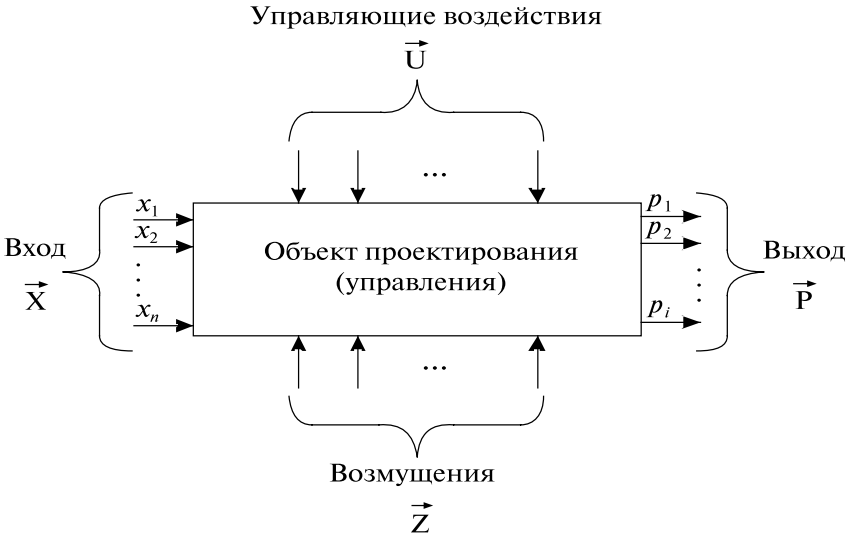

Рис. 2.1. Простейшая структура объекта проектирования

Следовательно, *системными объектами* являются параметры изучаемой системы: вход, процесс, выход, цель, обратная связь и ограничения. Под действием системных объектов понимается качество параметров объектов. Свойства позволяют количественно описывать объекты, выражая их в присущих им единицах, обладающих определенной размерностью.

Если элементы накладывают взаимные ограничения на поведение друг друга, это свидетельствует о том, что между ними существует связь. Наличие связи между элементами и их свойствами является условием наличия системы.

Системный анализ предполагает системный подход и к изучению связей между элементами, между подсистемами и системой.

Процесс функционирования сложной системы происходит на многих уровнях. Система расчленяется на подсистемы, которые представля-

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 42

ют собой компоненты, необходимые для существования и действия системы.

Центральный этап методологии системного анализа — определение *целей*. Для проектировщиков важно четко представлять себе, что требуется от будущей системы управления, какие результаты желательны. Следовательно, необходимо иметь определенный набор требований к системе, т. е. четко сформулированную цель проектирования. Уже на самых первых фазах уяснения задачи необходимо иметь представление о тех целях, которые предполагается достичь в результате проектирования технологического процесса, в результате управления им.

Формулирование целей создает возможность выбора связанных с ними критериев. В системном анализе под *критерием* понимается правило, по которому проводится отбор тех или иных средств достижения цели. Критерий в общем случае дополняет понятие цели и помогает определить эффективный способ ее достижения. В том случае, когда между целью и средствами ее достижения имеется четкая однозначная связь, критерий может быть задан в виде аналитического выражения. Эта ситуация типична, например, для «простых» систем проектирования или управления, когда критерий, заданный в виде функционала, позволяет найти управляющие воздействия, обеспечивающие заданную цель. Поэтому в таких ситуациях понятия цели и критерия не различают. В сложных системах с высокой степенью неопределенности, когда цели носят качественный характер и получить аналитическое выражение не представляется возможным, следует отличать цели от критериев, характеризуя средства достижения цели [49].

Критерий должен отвечать ряду требований. Во-первых, он должен отражать основную, а не второстепенную цель функционирования управляемой системы. Во-вторых, отражать все существенные стороны деятельности системы, т. е. быть достаточно представительным. В-третьих, критерий должен быть чувствительным к существенным изменениям, возникающим в процессе функционирования управляемой системы.

Для проектирования и управления всегда желательно иметь единственный критерий оптимальности, что облегчает принятие решений и позволяет решить задачу оптимизации математически.

Системный подход требует прослеживания как можно большего числа связей — не только внутренних, но и внешних, — чтобы не упустить действительно существенные связи и факторы и оценить их влияние на систему.

При разработке систем управления производственными процессами в связи с применением ЭВМ неизбежно приходится рассматривать, прежде всего, такие вопросы, как совершенствование структуры управления, методы подготовки и принятия решений и, соответственно, формирование целей и критериев, используемых в процессе проектирования.

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 43

Существенное место в понятии системы занимает *принцип целостности*, согласно которому взаимосвязь и взаимодействие объектов порождает новые, системные свойства объекта, не присущие отдельным его элементам.

С точки зрения системного подхода к автоматизации проектирования, процесс проектирования представляет собой многослойную *иерархическую* процедуру с оптимизацией решений в каждом слое.

Принцип иерархичности в проектировании и управлении, а также принцип целостности обусловливают необходимость построения системы критериев, когда частные критерии, предназначенные для решения задач низшего звена управления (подсистемы), логически совпадают с критериями, применяемыми на более высоком иерархическом уровне.

В процессе проектирования и управления сопоставляются выходные величины, т. е. результат функционирования системы, с критерием. Следовательно, критерий в управляемой системе — это признак, по которому выбирается наиболее эффективный способ достижения цели. Он является той величиной, которую нужно максимизировать или минимизировать при управлении системой в соответствии с целью ее деятельности.

Таким образом, система — это достаточно сложный объект, который можно расчленить на составляющие элементы или подсистемы. Элементы информационно связаны друг с другом и с окружающей объект средой. Совокупность связей образует структуру системы. Система имеет *алгоритм функционирования*, направленный на достижение определенной цели.

Например, при проектировании автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) его рассматривают как взаимосвязанную совокупность отдельных типовых технологических процессов и аппаратов, при взаимодействии которых возникают статистически распределенные по времени возмущения, т.е. существуют стохастические взаимосвязи между входными и выходными переменными подсистем.

При создании новых технологических процессов или реконструкции старых с целью их оптимизации решаются, как правило, такие задачи:

- организация работы производства и соответствующих агрегатов в оптимальных режимах по экономическим и энерготехнологическим показателям;
- передача функций управления самому агрегату через оптимальную организацию материальных и энергетических потоков в агрегате, т. е. структура агрегата организуется кибернетически;
- обеспечение надежности функционирования агрегата.

Исходя из этих основных задач, решаемых при проектировании технологических процессов, необходимо формировать цели, критерии и ог-

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 44

раничения на самых ранних стадиях проектирования. Эти требования в равной степени справедливы при конструкторском проектировании.

Глобальную цель проектирования или управления обычно не удается связать непосредственно со средствами ее достижения. Поэтому ее обычно разбивают (декомпозиция) на более частные локальные цели, позволяющие выявить средства их достижения. Такой метод системного анализа называют методом построения *дерева целей* [49].

Дерево (рис. 2.2) является удобным средством для представления существующих иерархий. Корень дерева отождествляется с системой, а уровни дерева — с подсистемами и элементами.

Аналогично строится дерево целей, где корень дерева соответствует генеральной цели, а остальные вершины — подцелям, причем по мере опускания по уровням дерева цели становятся более частными. Разбиение генеральной цели на подцели продолжается до тех пор, пока не появится возможность связать цели нижних уровней дерева со средствами, обеспечивающими выполнение этих целей.

Таким образом, одна из главных задач построения дерева — установление полного набора средств, обеспечивающих достижение поставленной генеральной цели и выявление связей между этими средствами.

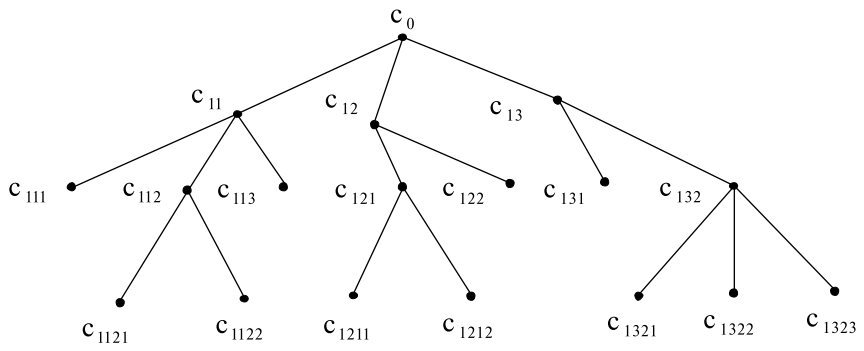

Рис. 2.2. Дерево целей

Несмотря на то, что дерево целей формируется на эвристической основе, при реализации метода построения дерева можно выделить два этапа:

- построение первоначального варианта дерева целей;
- определение коэффициентов относительной важности его отдельных элементов и формирование окончательного варианта дерева целей.

Иерархия систем проектирования и управления, определение необходимого числа уровней, установление между уровнями правильных вза-

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 45

имосвязей, организация информационных потоков, создание контуров принятия решений — все это тесно связанные вопросы рационального выбора схем проектирования и управления. Решение их определяется материальной природой объектов, характером происходящих в них процессов и взаимодействиями между ними, ограничениями на их функционирование, а также алгоритмами управления. Эти факторы оказывают непосредственное влияние на выбор структуры сложной системы.

В работе [87] проводится анализ влияния различных факторов на формирование или выбор структуры сложной технической системы с позиций таких важнейших характеристик структуры, как *степень централизации* и *норма управляемости*.

Степень централизации α служит в некотором смысле мерой разделения полномочий между уровнями системы. Для каждой пары смежных уровней $(i-1,i)$, $i = 2, \ldots, N$ степень централизации может измеряться отношением объема w_i задач, решаемых на $i^{\underline{M}}$ уровне, к объему w_{i-1} задач, решаемых на $(i-1)^{\underline{M}}$ уровне, т. е. $\alpha = w_i/w_{i-1}$ (рис. 2.2).

Объем w_i решаемых задач может быть оценен, например, через количество перерабатываемой информации на уровне i.

Смещение основной массы решений в сторону высшего уровня (повышение степени централизации) обычно отождествляется с повышением управляемости подсистем и улучшением качества решений с одновременным увеличением объема перерабатываемой информации на верхних уровнях. Смещение решений в сторону нижних уровней (повышение степени децентрализации) соответствует увеличению самостоятельности подсистем, уменьшению объема информации, перерабатываемой верхними уровнями.

Понятие степени централизации тесно связано с другой характеристикой структуры организации — нормой управляемости. Последняя определяет объем задач, решением которых может эффективно управлять руководитель. Ограничение на «мощность переработки информации» в подсистемах существенно влияет на выбор структуры.

Степень централизации и норма управляемости, как правило, изменяются с переходом от одного иерархического уровня системы к другому. Кроме того, на них существенное влияние оказывает автоматизация управления.

Важным показателем, определяемым при формировании или выборе структуры, считается трудоемкость (сложность) управления. Данный показатель характеризует затраты (стоимость) человеко-машинного времени при выполнении функций управления для систем с заданной структурой и алгоритмом управления.

Функция сложности (трудоемкости) управления зависит от размерности решаемых на различных уровнях задач, числа подсистем на каждом

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 46

уровне иерархии и числа уровней. Основой для определения необходимого числа уровней иерархии обычно служит либо загрузка возможных звеньев системы, либо некоторая функция сложности управления, определяемая характером и количеством операций при различных схемах управления. Функция сложности может быть определена при заданных алгоритмах работы узлов и взаимосвязях между ними.

В работе [87] приводятся два утверждения, которые необходимо учитывать при выборе структуры. Во-первых, при отсутствии ограничений нельзя увеличить показатель качества управления, увеличивая количество уровней управления. Во-вторых, необходимо стремиться ограничивать число подсистем на данном уровне управления. Тогда задача состоит в нахождении структуры управления с минимальным количеством уровней управления и минимальным количеством подсистем на каждом уровне при допустимой сложности управления.

Быстродействие системы управления определяется ее способностью реагировать с достаточной оперативностью на возникающие возмущения. Быстродействие зависит не только от возможностей технических средств и персонала в осуществлении сбора, обработки и передачи информации, но и от организационной структуры, т. е. от распределения функций управления и необходимых для их реализации полномочий по уровням руководства и структурным подразделениям каждого уровня.

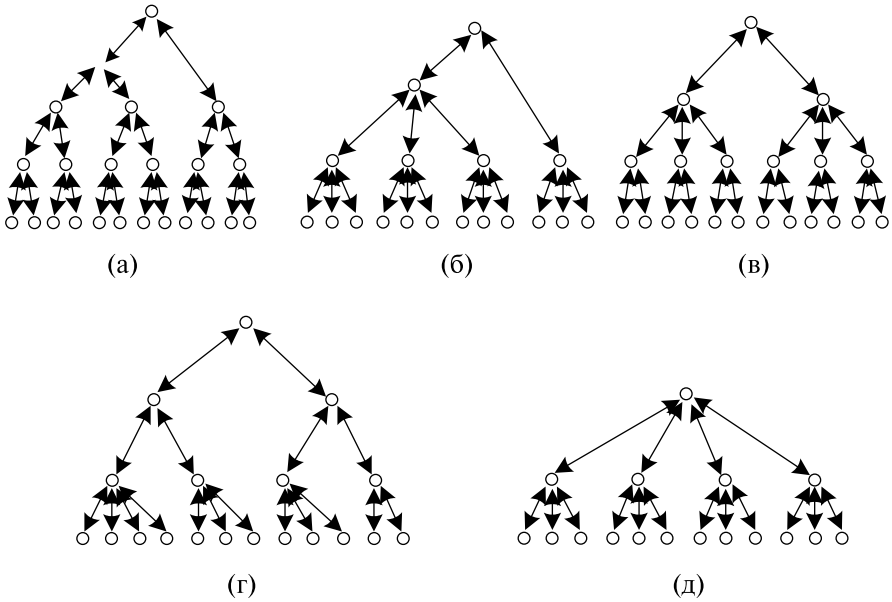

Рис. 2.3. Допустимые структуры сложных систем

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 47

Излишняя централизация удлиняет цепь передачи информации к звеньям, выполняющим решения, в результате чего возможны искажения. Кроме того, вследствие удлинения цепи передачи информации «с места в центр» и передачи решений «из центра на места» удлиняется время между отправкой информации и получением решения.

При оптимизации взаимодействия между уровнями в иерархической системе управления важной является проблема координации.

Цель высшей подсистемы — влиять на низшие таким образом, чтобы достигалась общая цель, заданная для всей системы. Это и составляет содержание понятия координации.

Согласно изложенному, наилучшая иерархическая структура из допустимых структур, приведенных на рис. 2.3, показана в подпункте «д». Среди структур, имеющих четыре уровня управления (рис. 2.3б, в, г), лучшая структура показана на рис. 2.3б, т. к. она имеет минимальное число подсистем высших уровней.

Следовательно, любая сложная система может быть реализована на основе различных структур. В связи с этим возникает уже на первых порах проектирования системы проблема выбора (синтеза) при заданных ресурсах оптимальной структуры, которая максимизирует критерий качества (в общем случае векторный) функционирования системы.

Под проблемой синтеза структуры понимается [93]:

- синтез структуры управляемой системы, т. е. оптимальное разбиение множества управляемых объектов на отдельные подмножества, обладающие заданными характеристиками связей:
- выбор числа уровней и подсистем (иерархия системы);
- выбор принципов организации управления, т. е. установление между уровнями правильных взаимоотношений (это связано с согласованием целей подсистем разных уровней и с оптимальным стимулированием их работы, распределением прав и ответственностей, созданием контуров принятия решений);
- оптимальное распределение выполняемых функций между людьми и средствами вычислительной техники;
- выбор организационной иерархии.

Под проблемой анализа структуры понимается определение основных характеристик системы при некоторой выбранной (фиксированной) структуре.

Контрольные вопросы и упражнения

1. Дайте определение понятия «проектирование».
2. Что является предметом изучения в теории систем?
3. Назовите признаки, присущие сложной системе.

book-Golovitsina 4/1/08 3:52 PM Page 48

4. Приведите примеры иерархической структуры технических объектов, их внутренних, внешних и выходных параметров.
5. Приведите примеры условий работоспособности.
6. Почему проектирование обычно имеет итерационный характер?
7. Назовите основные стадии проектирования технических систем. Чем обусловлено прототипирование?
8. Дайте характеристику этапов жизненного цикла промышленной продукции.
9. Назовите основные типы промышленных АС и виды их обеспечения.
10. Какие причины привели к появлению и развитию CALS-технологий?
11. Что понимают под комплексной АС?