

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ САПР

1.1. ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПУТИ ЕГО РАЦИОНАЛИЗАЦИИ

Проектирование объектов (изделий, систем) является составляющей **жизненного цикла** (рис. 1.1) этого объекта.

С целью получения изделий высокого качества и в требуемые сроки необходимо повышать эффективность и сокращать сроки реализации процессов этапов жизненного цикла, предшествующих эксплуатации. Особенно это относится к этапу проектирования, так как длительные сроки и недостаточная эффективность решений при разработке могут привести к моральному устарению изделия до ввода его в эксплуатацию и низкой эффективности его использования.

Цель проектирования состоит в поиске, фиксации и документальном оформлении информации об объекте проектирования, которая необходима для его создания. Проектированием называется процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта на основе первичного описания этого объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса преобразованием (в ряде случаев неоднократно) первичного описания, оптимизацией заданных характеристик объекта и алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, устранением некорректности первичного описания и последовательным представлением (при необходимости) описаний на различных языках (ГОСТ 22487—77).

Таким образом, в процессе проектирования исходное описание преобразуют в конечное, формируя при этом необходимое количество промежуточных описаний. Промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения или окончания проектирования, называется проектным решением (ГОСТ 22487—77).

Возможности проектирования сложных объектов обусловлены использованием ряда принципов, основными из которых являются декомпозиция и иерархичность описаний объектов, многоэтапность и итерационность проектирования, типизация и унификация проектных решений, методологии и средств проектирования [103].

Принцип декомпозиции предполагает структуризацию (разбиение) представлений соответствующего уровня описания объекта на составные части с целью их отдельного проектирования с учетом согласования принимаемых решений.

Принцип иерархичности предполагает структуризацию представлений об объектах и их составных частях по степени конкретизации и детализации описания с целью последовательного наращивания сложности описания объекта в сочетании с декомпозицией.

Многоэтапность проектирования. Процесс проектирования во времени в соответствии со степенью конкретизации описаний и готовности проектных решений подразделяют на стадии, этапы, проектные процедуры и операции.

Выделяют *стадии* предпроектных исследований, технического задания, технического предложения, эскизного, технического и рабочего проектов, испытаний и внедрения,

Этап проектирования [103] — это часть процесса проектирования, включающая в себя формирование всех требующихся описаний объекта, относящихся к одному или нескольким иерархическим уровням или аспектам проектирования (функциональному, конструкторскому или технологическому). Часто названия этапов совпадают с названиями соответствующих иерархических уровней и аспектов. Так, проектирование технологических процессов расчлениают на этапы разработки принципиальных схем технологического процесса, маршрутной технологии, операционной технологии и получения управляющей информации (управляющих программ) для программно-управляемого технологического оборудования (оборудования с числовым программным управлением).

Составными частями этапа являются проектные процедуры. Под *проектной процедурой* понимают формализованную совокупность действий, в результате выполнения которой получают проектное решение.

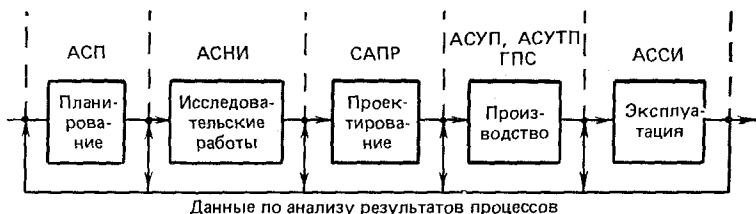


Рис. 1.1. Общая структура жизненного цикла изделия:

АСП — автоматизированная система планирования; АСНИ — автоматизированная система научных исследований; АССИ — автоматизированная система статистических исследований

Проектная процедура, в свою очередь, включает в себя *проектные операции*, представляющие собой действия или формализованные совокупности действий, алгоритм которых остается неизменным для ряда проектных процедур. Примерами проектных процедур являются расчет параметров, моделирование объекта (функционалирование объекта) и оформление чертежа объекта. Примерами проектных операций являются вычисление параметра соответствующим методом, оформление таблицы, вычерчивание типового графического изображения.

Направленность процесса проектирования определяется двумя формами организации: нисходящее и восходящее проектирование. При *нисходящем* проектировании процесс поиска и выработки решений идет от высших к низшим уровням иерархии (от общего к частному) с увеличением степени конкретизации и детализации. Такая форма основана на движении предположений о свойствах элементов низших уровней. При *восходящем* проектировании процесс идет от низших к высшим уровням иерархии (от частного к общему) с выполнением синтеза решений при переходе к каждому следующему уровню.

Принцип итерационности проектирования. При разработке сложных объектов в условиях многоэтапного иерархического проектирования выработать рациональные проектные решения путем однократного прохождения необходимых этапов и уровней удастся далеко не всегда. Поэтому чаще всего проектирование ведут как итерационный процесс с возвратом к предшествующим этапам и уровням. Это же относится и к процедурам оптимизации проектных решений.

С целью улучшения технико-экономических показателей объектов, сокращения трудоемкости и сроков проектирования осуществляют типизацию и унификацию проектных решений, методологии и средств проектирования.

Типизация проектных решений целесообразна при их многократном использовании. Для разработки уникальных объектов типовые решения (ТР) используют в ограниченном объеме (в большей или меньшей степени) при наличии соответствующих возможностей.

Унификация методологии проектирования предполагает выбор и разработку методов и методик, обеспечивающих достаточно эффективное проектирование объектов соответствующего класса (группы). *Унификация средств проектирования* предполагает разработку проектных процедур и операций, выполняемых непосредственно проектировщиком либо с использованием технических и программных средств, для ведения проектирования объектов соответствующего класса (группы).

Существуют следующие пути повышения эффективности и рационализации процесса проектирования: типизация, оптимизация и автоматизация.

Без достаточно глубокой *типизации* проектных решений, методологии и средств проектирования рационализация проектирования невозможна из-за больших объемов и сроков разработки, а также ограниченных временных и трудовых ресурсов.

В пределах имеющихся в распоряжении проектировщиков материалов эффективность проектируемых объектов в наибольшей степени определяется оптимальностью принимаемых решений. *Оптимизация* предполагает принятие таких решений, которые в наибольшей степени соответствуют требованиям, являющимся критериальными, и удовлетворяют требованиям, используемые в качестве ограничений.

Типизация и оптимизация не дают существенного эффекта без *автоматизации* проектных работ, т. е. внедрения автоматизированного (автоматического) проектирования, определяемого по ГОСТ 22487—77 как проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляются взаимодействием человека и ЭВМ (без участия человека). Автоматизируют процедуры и операции ввода и вывода различных данных, поиска, разработки, принятия, оценки, контроля и хранения проектных решений, компоновки, редактирования и вывода (изготовления) проектной документации, информационно-справочного обслуживания. В автоматизированный (частично автоматический) режим выполнения может быть переведено до 90 % всех проектных работ. Только небольшая часть в основном творческих процессов не может быть автоматизирована. Это поиск и принятие оригинальных решений, принятие решений (по выбору вариантов, направленности процесса проектирования и т. п.) в неформализуемых ситуациях, решение наиболее сложных вопросов по согласованию решений. Но и эти работы могут быть значительно интенсифицированы за счет автоматизации информационно-справочного обслуживания.

Итак, сложность, трудоемкость, а иногда и невозможность реализации типизации и оптимизации без автоматизации проектных работ, с одной стороны, а также бесполезность автоматизации в большинстве случаев без типизации и оптимизации, с другой, предопределили их комплексное применение для повышения эффективности проектирования. Причем наибольший эффект обеспечивает совместное и взаимосвязанное применение методов, принципов и средств типизации, оптимизации и автоматизации проектных работ и решений в единой системе, получившей название системы автоматизированного проектирования (САПР).

1.2. ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ САПР

Системы автоматизированного проектирования предназначены для выполнения проектных операций (процедур) в автоматизированном режиме. САПР создаются в проектных, конструкторских, технологических и других организациях и на предприятиях с целью: повышения качества и технико-экономического уровня проектируемой и выпускаемой продукции; повышения эффективности объектов проектирования, уменьшения затрат на их создание и эксплуатацию; сокращения сроков, уменьшения трудоемкости проектирования и повышения качества проектной документации.

Достижение указанных целей создания САПР возможно при условиях:

- систематизации и совершенствования процессов проектирования на основе применения математических методов и средств вычислительной техники;

- комплексной автоматизации проектных работ в проектной организации с необходимой перестройкой ее структуры и кадрового состава;

- повышения качества управления проектированием;

- применения эффективных математических моделей проектируемых объектов, комплектующих изделий и материалов;

- использования методов многовариантного проектирования и оптимизации;

- автоматизации трудоемких и рутинных проектных работ;

- замены натурных испытаний и макетирования математическим моделированием;

- создания единых банков данных, содержащих систематизированные сведения справочного характера, необходимые для автоматизированного проектирования объектов;

- унификации и стандартизации методов проектирования.

1.3. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные термины и определения в области автоматизированного проектирования установлены ГОСТ 22487—77. Они обязательны для применения во всех видах документации, научно-технической, учебной и справочной литературе.

При проектировании различают, например, следующие объекты: материалы, предметы, процессы, системы (механические, электрические, организационные и др.). Под созданием объекта понимают:

- если объектом является материал или предмет — его изготовление и придание заданных свойств и характеристик, включая заданное взаимодействие его с внешней средой;

- если объектом является процесс — его выполнение в соответствии с заданным алгоритмом процесса;

- если объектом является организационная система — ее размещение во времени и пространстве и придание ей заданных свойств и характеристик, включая заданное функционирование в соответствии с заданным алгоритмом функционирования.

Под описанием объекта понимают:

- если объектом является материал, предмет или система — описание заданных свойств и (или) характеристик объекта, включая описание взаимодействия между его частями и взаимодействие объекта с внешней средой и описание его функционирования;

- если объектом является процесс — описание результата процесса и заданных характеристик его выполнения во времени и пространстве.

В промежуточные описания объектов могут быть включены также математические и физические модели.

В преобразование описаний могут быть включены эквивалентные преобразования и преобразования, связанные с вводом новых сведений (параметров, характеристик и т. п.).

Под некорректностью описания понимают противоречивое и (или) недостаточно полное описание объекта, алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, ведущее к невозможности создания объекта.

Неавтоматизированное проектирование — проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляет человек.

Автоматизированное проектирование — проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляется взаимодействием человека и ЭВМ.

К техническим устройствам, позволяющим осуществлять автоматизацию проектирования, могут относиться ЭВМ, их периферийные устройства и другие технические устройства. Автоматизированное проектирование обычно осуществляют в режиме диалога человека с машиной на основе применения специальных языков общения человека с машиной.

Автоматическое проектирование — проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляются без участия человека.

При автоматическом проектировании пуск соответствующего оборудования и ввод в ЭВМ первичного описания объекта осуществляет человек.

В зависимости от области проектирования различают, например, следующие виды *объектов проектирования**: машиностроительные, химические и т. п. В зависимости от видов объектов проектирования различают, например, следующие виды проектирования: машиностроительное, строительное, химическое, энергетическое и т. п. Объект проектирования может быть создан заново и на основе существующих объектов, например такой объект как город создают совершенствованием существующего объекта-города. С точки зрения проектирования заданный город является новым, не существующим в действительности.

Проектное решение — промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования.

Типовое проектное решение — существующее проектное решение, используемое при проектировании.

Результат проектирования — проектное решение (совокупность проектных решений), удовлетворяющее заданным требованиям, необходимое для создания объекта проектирования. В заданные требования должны быть включены требования к форме представления проектного решения.

Алгоритм проектирования — совокупность предписаний, необходимых для выполнения проектирования. Под выполнением проектирования понимается нахождение результата проектирования. Алгоритм проектирования может быть общим (для определенного класса объектов) и специальным (для одного объекта).

Язык проектирования — язык, предназначенный для представления и преобразования описаний при проектировании.

* Термин *объект проектирования* в ГОСТ 22487—77 не определен.

Входной язык проектирования (допускается применение термина «Входной язык») — язык проектирования, предназначенный для представления задания на проектирование.

Базовый язык проектирования (допускается применение термина «Базовый язык») — язык проектирования, предназначенный для представления дополнительных сведений к первичному описанию объекта проектирования, проектных решений, описаний проектных процедур (в том числе процедур информационного обмена) и их последовательности.

Выходной язык проектирования (допускается применение термина «Выходной язык») — язык проектирования, предназначенный для представления какого-либо проектного решения, включая результат проектирования в форме, удовлетворяющей требованиям его дальнейшего применения. Выходной язык должен, например, удовлетворять требованиям, установленным в стандартах ЕСКД, ЕСТД, или требованиям к машинным носителям для автоматизированного изготовления объектов проектирования и т. п.

Проектный документ — документ, выполненный по заданной форме, в котором представлено какое-либо проектное решение, полученное при проектировании.

Проект — совокупность проектных документов в соответствии с установленным перечнем, в которых представлен результат проектирования.

Проектная операция — действие или формализованная совокупность действий, составляющих часть проектной процедуры, алгоритм которых остается неизменным для ряда проектных процедур. Проектными операциями являются, например, вычисление, черчение, составление таблиц с данными, ввод и вывод данных и т. п.

Проектная процедура — формализованная совокупность действий, выполнение которых оканчивается проектным решением. Проектными процедурами являются, например, прогнозирование, оптимизация, проверка реальности реализации, контроль, корректировка, моделирование и т. п.

Унифицированная проектная процедура (допускается применение термина «Унифицированная процедура») — проектная процедура, алгоритм которой остается неизменным для различных объектов проектирования или различных стадий проектирования одного и того же объекта.

Техническое обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования.

Математическое обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность математических методов, математических моделей и алгоритмов проектирования, необходимых для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования, представленных в заданной форме.

Программное обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность машинных программ, необходимых для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования, представленных в заданной форме.

Пакет прикладных программ проектирования (допускается применение термина «Пакет прикладных программ») — совокупность машинных программ, необходимых для выполнения какой-либо проектной процедуры, представленных в заданной форме.

Информационное обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность сведений, необходимых для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования, представленных в заданной форме. В информационное обеспечение автоматизированного проектирования включают, например, нормативно-справочные

документы, задание государственных планов, прогнозы технического развития, типовые проектные решения, системы классификации и кодирования технико-экономической информации, различные системы документации (ЕСКД, ЕСТД и т. п.). Кроме того, в информационное обеспечение входят различные фонды: нормативный, плановый, прогнозный, фонд типовых решений, фонд алгоритмов и программ.

Лингвистическое обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность языков проектирования, включающая термины и определения, правила формализации естественного языка и методы сжатия и развертывания текстов, необходимых для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования, представленных в заданной форме.

Методическое обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность документов, устанавливающих состав и правила отбора и эксплуатации средств обеспечения автоматизированного (автоматического) проектирования, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. Под отбором средств обеспечения автоматизированного проектирования понимают выбор необходимой совокупности средств для выполнения проектирования заданного объекта или класса объектов из имеющейся совокупности средств обеспечения.

Организационное обеспечение автоматизированного (автоматического) проектирования — совокупность документов, устанавливающих состав проектной организации и ее подразделений, связи между ними, их функции, а также форму представления результата проектирования и порядок рассмотрения проектных документов, необходимых для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования.

Комплекс средств автоматизации проектирования — совокупность различных видов обеспечения автоматизированного (автоматического) проектирования, необходимых для выполнения автоматизированного (автоматического) проектирования.

Операционная система автоматизированного (автоматического) проектирования (допускается применение термина «Операционная система проектирования») — часть программного обеспечения автоматизированного (автоматического) проектирования, предназначенная для управления проектированием.

Система автоматизированного проектирования (САПР) — комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователем системы), выполняющий автоматизированное проектирование.

Система автоматического проектирования — комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователем системы), выполняющий автоматическое проектирование.

Интегрированная система автоматизированного (автоматического) проектирования — система автоматизированного (автоматического) проектирования, имеющая альтернативное программное обеспечение и операционную систему автоматизированного (автоматического) проектирования, позволяющую выбирать совокупность машинных программ применительно к заданному объекту проектирования или классу объектов проектирования.

1.4. КЛАССИФИКАЦИЯ САПР

В начальный период создания САПР должны быть разработаны единый метод и признаки классификации, основные классификационные группировки и правила обозначения САПР. Классификацию и обозна-

1.1. Классификационные группировки САПР по типу объекта проектирования

Код	Наименование
1	САПР изделий машиностроения и приборостроения
2	САПР технологических процессов в машиностроении и приборостроении
3	САПР объектов строительства
4	САПР организационных систем
5—9	Резерв

1.2. Классификационные группировки САПР по разновидности объекта проектирования

Код	Наименование
-----	--------------

Код и наименование группировки устанавливаются по действующим обозначениям документации на объекты, проектируемые системой

1.3. Классификационные группировки САПР по сложности объекта проектирования

Код	Наименование	Число составных частей проектируемого объекта
1	САПР простых объектов	$<10^2$
2	САПР объектов средней сложности	$10^2 \dots 10^3$
3	САПР сложных объектов	$10^3 \dots 10^4$
4	САПР очень сложных объектов	$10^4 \dots 10^6$
5	САПР объектов очень высокой сложности	$>10^6$

1.4. Классификационные группировки САПР по уровню автоматизации проектирования

Код	Наименование	Объем автоматизированных работ от общего количества проектных процедур, %
1	Система низкоавтоматизированного проектирования	<25
2	Система среднеавтоматизированного проектирования	25...50
3	Система высокоавтоматизированного проектирования	>50 (применяются методы многовариантного оптимального проектирования)

1.5. Классификационные группировки САПР по комплексности автоматизации проектирования

Код	Наименование
1	Одноэтапная САПР
3	Многоэтапная САПР
3	Комплексная САПР (выполняет все этапы проектирования объекта)

1.6. Классификационные группировки САПР по характеру выпускаемых проектных документов

Код	Наименование	Носитель данных проектного документа
1	САПР текстовых документов	Бумажная лента или лист
2	САПР текстовых и графических документов	То же
3	САПР документов на магнитных носителях	Перфоносители (перфокарты, перфоленты) и магнитные носители (магнитные ленты, диски, барабаны)
4	На фотоносителях	Микрофильмы, микрофиши, фотошаблоны и т. п.
5	На двух типах носителей данных	Два любых типа носителей данных
6	На всех типах носителей данных	Все типы носителей данных
7—9	Резерв	

1.7. Классификационные группировки САПР по количеству выпускаемых проектных документов

Код	Наименование	Число выпускаемых за год проектных документов в пересчете на формат А4
1	САПР малой производительности	$\leq 10^5$
2	САПР средней производительности	$10^5 \dots 10^6$
3	САПР высокой производительности	$\geq 10^6$
4—9	Резерв	—

1.8. Классификационные группировки САПР по числу уровней в структуре технического обеспечения

Код	Наименование	Характеристика технических средств системы
1	Одноуровневая САПР	ЭВМ среднего или высокого класса со штатным набором периферийных устройств, который может быть дополнен средствами обработки графической информации

Код	Наименование	Характеристика технических средств системы
2	Двухуровневая САПР	ЭВМ среднего или высокого класса и одно или несколько автоматизированных рабочих мест проектировщика (АРМ), включающих в себя мини-ЭВМ
3	Трехуровневая САПР	ЭВМ высокого класса, одно или несколько АРМ и периферийное программно-управляемое оборудование
4—9	Резерв	—

	X	X	X	X	X	X	X
Тип объекта проектирования							
Разновидность объекта проектирования							
Сложность объекта проектирования							
Уровень автоматизации проектирования							
Комплексность автоматизации проектирования							
Характер выпускаемых проектных документов							
Количество выпускаемых проектных документов							
Количество уровней в структуре технического обеспечения							

Рис. 1.2 Классификация группы САПР

чения САПР, используемых в различных отраслях промышленности, устанавливает ГОСТ 23501.108—85. При разработке этого ГОСТа использован фасетный метод классификации объектов, при котором классификационные признаки (т. е. объект классификации) характеризуются с разных сторон.

По каждому признаку установлены классификационные группы, их характеристики и коды (рис. 1.2). Основные классификационные группировки САПР приведены в табл. 1.1—1.8.

1.5. ФУНКЦИИ САПР

Основная функция САПР — осуществление автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей на основе применения математических и других моделей, автоматизированных проектных процедур и средств вычислительной техники.

Автоматизированное проектирование в САПР заключается в том, что отдельные преобразования описаний объекта проектирования и представления описаний на различных языках осуществляются путем взаимодействия человека и ЭВМ. В САПР могут осуществляться процедуры автоматического проектирования, при которых преобразование и представление описаний объекта проектирования выполняются без участия человека.

Функционирование САПР должно обеспечивать получение проектных решений, т. е. промежуточных или конечных описаний объекта проектирования, достаточных для рассмотрения или окончания проектирования. Результатом проектирования в САПР является совокупность законченных проектных решений, удовлетворяющая заданным требованиям, необходимых для создания объекта проектирования. Функционирование САПР должно обеспечивать получение проектных документов, выполненных в заданной форме и содержащих проектные решения или результаты проектирования.

1.6. СОСТАВ И СТРУКТУРА САПР

Составными структурными частями САПР являются подсистемы, обладающие всеми свойствами системы и создаваемые как самостоятельные системы (ГОСТ 23501.0—79). По назначению подсистемы САПР разделяют на два вида: проектирующие и обслуживающие. Проектирующие подсистемы выполняют проектные процедуры и операции, например: подсистема проектирования деталей и сборочных единиц; подсистема проектирования частей зданий и сооружений; подсистема технологического проектирования. Обслуживающие подсистемы предназначены для поддержания работоспособности проектирующих подсистем, например: подсистема графического отображения объектов проектирования; подсистема документирования; подсистема информационного поиска.

В зависимости от отношения к объекту проектирования различают два вида проектирующих подсистем: объектно-ориентированные (объектные); объектно-независимые (инвариантные). Объектные подсистемы выполняют одну или несколько проектных процедур или операций, непосредственно зависящих от конкретного объекта проектирования. Инвариантные подсистемы выполняют унифицированные проектные процедуры и операции.

Подсистема состоит из компонентов САПР (далее — компонентов), объединенных общей для данной подсистемы целевой функцией и обеспечивающих функционирование этой подсистемы. Компонент представляет собой элемент обеспечения, выполняющий определенную функцию в подсистеме:

методическое обеспечение — документы, в которых отражены состав, правила отбора и эксплуатации средств автоматизации проектирования; лингвистическое обеспечение — языки проектирования, терминология;

математическое обеспечение — методы, математические модели, алгоритмы;

программное обеспечение — документы с текстами программ, программы на машинных носителях и эксплуатационные документы;

техническое обеспечение — устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства или их сочетания;

информационное обеспечение — документы, содержащие описания стандартных проектных процедур, типовых решений, типовых элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные, а также файлы и блоки данных на машинных носителях с записью указанных документов;

организационное обеспечение — положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и другие документы, регламентирующие организационную структуру подразделений и их взаимодействие с комплексом средств автоматизации проектирования.

Введение структурного понятия «компонент» как некоторого эле-

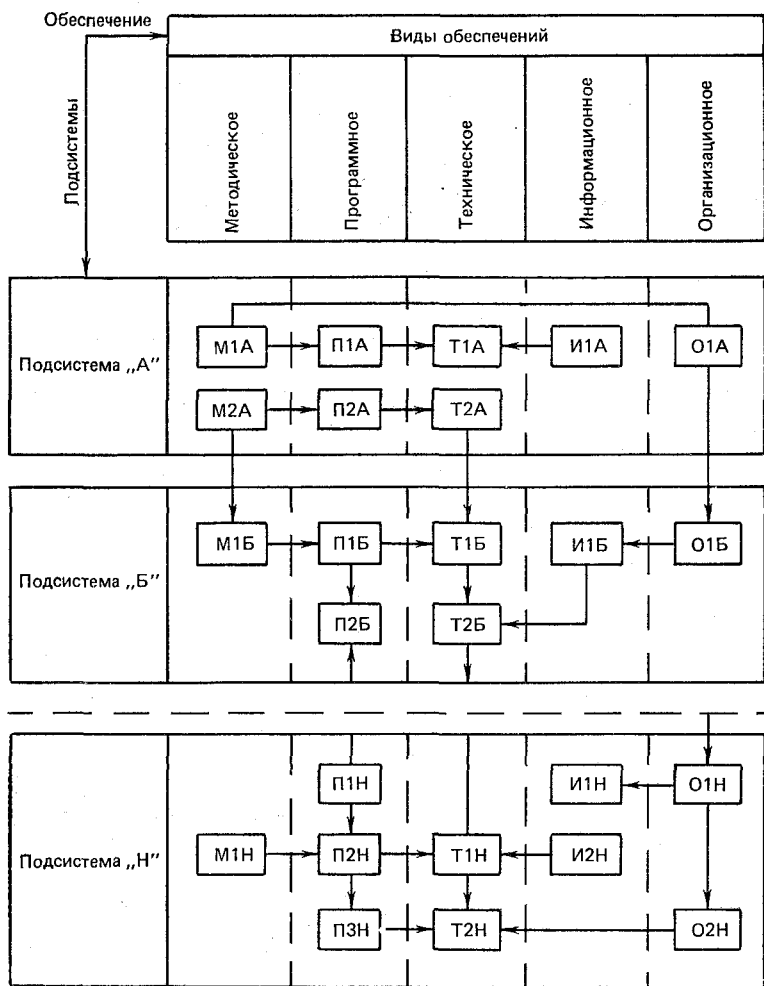


Рис. 1.3. Матричная структура САПР:

[] — компонент САПР

ментарного «кирпичика» системы позволяет раскрыть внутреннюю структуру подсистемы и указать конкретные связи между подсистемами не только иерархические, но и методические, информационные и т. д.

На рис. 1.3 приведена двухмерная структурная схема САПР, основанная на понятии компонента. Как видно из рисунка, матричная структура является открытой как по количеству подсистем, так и по видам обеспечения. Связи между подсистемами «А» и «Б» показывают, что иерархически подсистема «Б» подчинена подсистеме «А», а компонент организационного обеспечения O1A является определяющим как для самой подсистемы «А» (задает требования к компоненту методического обеспечения)

печения М1А), так и для подсистемы «Б» (является исходным для компонента 01Б). Компоненты могут иметь многократное применение, т. е. один и тот же типовой или унифицированный компонент может применяться в различных подсистемах.

Анализ структурной схемы САПР позволяет сделать вывод, что структурное единство подсистемы САПР обеспечивается связями между компонентами различных средств обеспечения САПР, образующими подсистему, а структурное объединение подсистем в систему — связями между компонентами САПР, входящими в подсистемы.

1.7. СТАДИИ СОЗДАНИЯ САПР

Согласно ГОСТ 23501.1—79 регламентируются следующие стадии создания САПР: предпроектное обследование; разработка, согласование и утверждение технического задания на САПР; разработка и утверждение технического предложения на САПР; эскизный проект; технический проект (ГОСТ 23501.106—85); рабочий проект; изготовление, отладка и испытания; ввод в действие.

Перечисленные стандарты устанавливают на стадии создания САПР состав работ, порядок согласования и утверждения, содержание технической документации. Сведения по составу работ, виду разрабатываемой документации и основания для проведения работ по стадиям создания САПР приведены в табл. 1.9. С организационной точки зрения важными являются следующие требования: проекты по стадиям создания САПР разрабатывает организация — головной разработчик системы; проекты по стадиям создания САПР согласовывают с головной организацией САПР в отрасли (при создании в организации типовой подсистемы САПР), а также с другими заинтересованными организациями при необходимости. Согласование проектов по стадиям создания САПР должно быть подписано его должностным лицом. Таким образом, система стандартов по организационному обеспечению САПР нацелена на разработку в отраслях типовых автоматизированных процессов проектирования (конструирования), пригодных для тиражирования. Такая целевая функция построения системы требований к разрабатываемым САПР позволяет максимизировать экономический эффект от САПР за счет упразднения дублирования разработок и распространения типовых САПР.

1.8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ САПР

Разработка САПР, их внедрение и эксплуатация представляют собой весьма сложный комплекс задач, при решении которого многочисленным коллективам людей приходится учитывать большое число порой противоречивых, но взаимосвязанных фактов, условий и исходных данных, многие из которых определяются с небольшой достоверностью, т. е. приходится решать задачи и принимать различные решения в условиях неопределенности.

Рассмотренные стадии и составляющие проектирования САПР образуют пространство проектирования. В каждой области пространства проектирования могут выполняться различного рода работы по исследованию процессов функционирования САПР, проведению тех или иных оценок, принятию различных решений, реализации конкретных задач по разработке отдельных элементов и системы в целом и т. д. Задачи в любой области пространства проектирования взаимосвязаны между собой и с задачами, решаемыми в других областях пространства проектирования. Степень связанности задач друг с другом в пределах одной или раз-

1.9. Состав выполняемых работ при создании САПР

Стадия создания	Состав работ	Вид разработанной документации	Основание для производства работ
Предпроектное обследование	Анализ существующей системы проектирования. Определение готовности предприятия к созданию САПР Разработка предложения о целесообразности создания САПР (адаптации или разработки)	Технический отчет	Приказ по предприятию
Техническое задание	Разработка ТЗ, включающего основные требования к САПР	Техническое задание	Распоряжение руководителя предприятия
Техническое предложение (необязательная стадия)	Выбор рационального варианта САПР, удовлетворяющего требованиям технического задания. Принятие решения об адаптации типовой САПР или о разработке САПР	Техническое предложение	Техническое предложение разрабатывается в случае, если оно предусмотрено техническим заданием
Эскизный проект	Принятие принципиальных решений по структуре САПР, ее подсистем и по всем видам обеспечений. Предварительный расчет экономической эффективности и технических показателей САПР	Эскизный проект	Приказ по предприятию или Главному управлению
Технический проект	Разработка процесса автоматизированного проектирования. Принятие окончательных решений по всем подсистемам и обеспечениям САПР. Разработка компонентов САПР, уточнение технико-экономических показателей САПР. Разработка мероприятий по подготовке предприятия к вводу в действие САПР	Технический проект в соответствии с ГОСТ 23501.106—85	Приказ по предприятию или Главному управлению

Стадия создания	Состав работ	Вид разработанной документации	Основание для производства работ
Рабочий проект	Формирование САПР в целом. Реализация мероприятий по подготовке предприятия к вводу в действие САПР	Рабочий проект	Приказ по предприятию или Главному управлению
Изготовление, отладка и испытание	Подготовка предприятия к вводу в действие САПР. Изготовление (приобретение) и отладка компонентов САПР. Монтаж, наладка (отладка) и испытание комплекса средств САПР в целом и ее подсистем	Акты сдачи компонентов САПР и комплекса средств САПР	Приказ по предприятию или Главному управлению
Ввод в действие	Опытное функционирование САПР с целью проверки работоспособности и взаимодействия подразделений, определение реальных технико-экономических показателей, корректировка документации	Протокол опытного функционирования САПР и акт приемки САПР в промышленное функционирование	Приказ по предприятию или Главному управлению

ных областей может быть различной. Чем выше степень взаимосвязи, тем больше необходимости в ее учете.

Общей методической базой при проектировании САПР является так называемый системный подход, или системный анализ, позволяющий решать сложные задачи создания САПР и ее элементов на современной научно-технической основе. Отметим две характерные особенности системного анализа.

Первая особенность системного анализа состоит в том, что он предусматривает рассмотрение всех элементов и составляющих процесса проектирования в их взаимной связи, взаимообусловленности, взаимозависимости и взаимном влиянии в интересах наиболее оптимального достижения как частных, так и общих целей создания САПР.

Вторая особенность системного анализа заключается в том, что он, являясь методической основой, исходит из обязательной предпосылки о необходимости анализа процессов проектирования в их взаимной связи на базе широкого применения современных количественных методов исследования (различных аналитических методов, математического, физического, натурного или полунатурного моделирования, методов исследования операций, неформальных эвристических методов, экспертных

оценок и т. д.) и позволяет в процессе проектирования вырабатывать и принимать количественно обоснованные решения в условиях неопределенности и неполной информации.

Рассмотрим один из возможных вариантов системного подхода при проектировании САПР (рис. 1.4). Процесс проектирования представлен как сложный итеративный процесс, состоящий из ряда последовательных циклов (в приводимой схеме таких циклов восемь, хотя в принципе их может быть и меньше, и больше). Каждый цикл также состоит из ряда последовательных и функционально взаимосвязанных элементов системного анализа. Степень детализации укрупненной схемы может быть разной и зависит от целей, задач и организации процесса проектирования. При более детальном представлении схемы каждый цикл может быть разбит на подциклы, а элементы — на подэлементы.

Пояснительная записка также может быть разной степени детализации. Некоторые элементы повторяются в нескольких циклах для уточнения решений по соответствующим вопросам на основе результатов исследований предыдущих циклов, образуя таким образом итеративный процесс принятия решений при проектировании САПР. Этот итеративный процесс в большей или в меньшей степени, в полном или сокращенном объеме выполняется на различных стадиях проектирования. Разница лишь в степени подробности анализа элементов различных циклов либо в числе самих элементов и циклов, используемых для анализа на данной стадии проектирования. Например, на более ранних стадиях проектирования, таких как техническое предложение и эскизный проект, наибольшее внимание уделяется обоснованию целесообразности разработки, технико-экономической оценке, выбору рациональных структурных схем, теоретической оценке основных характеристик (эффективности, надежности, пропускной способности и др.) САПР и менее детально прорабатываются вопросы определения конкретных технических решений, которые должны быть реализованы при построении выбранного варианта САПР. А на более поздних стадиях проектирования (технический проект, рабочее проектирование) наиболее тщательно обосновываются и разрабатываются конкретные технические решения, а также принципы организации САПР на базе выбранных технических решений, меньше внимания уделяется аспектам априорной оценки основных характеристик САПР, считается окончательно решенным и, следовательно, не рассматривается вопрос о целесообразности разработки САПР.

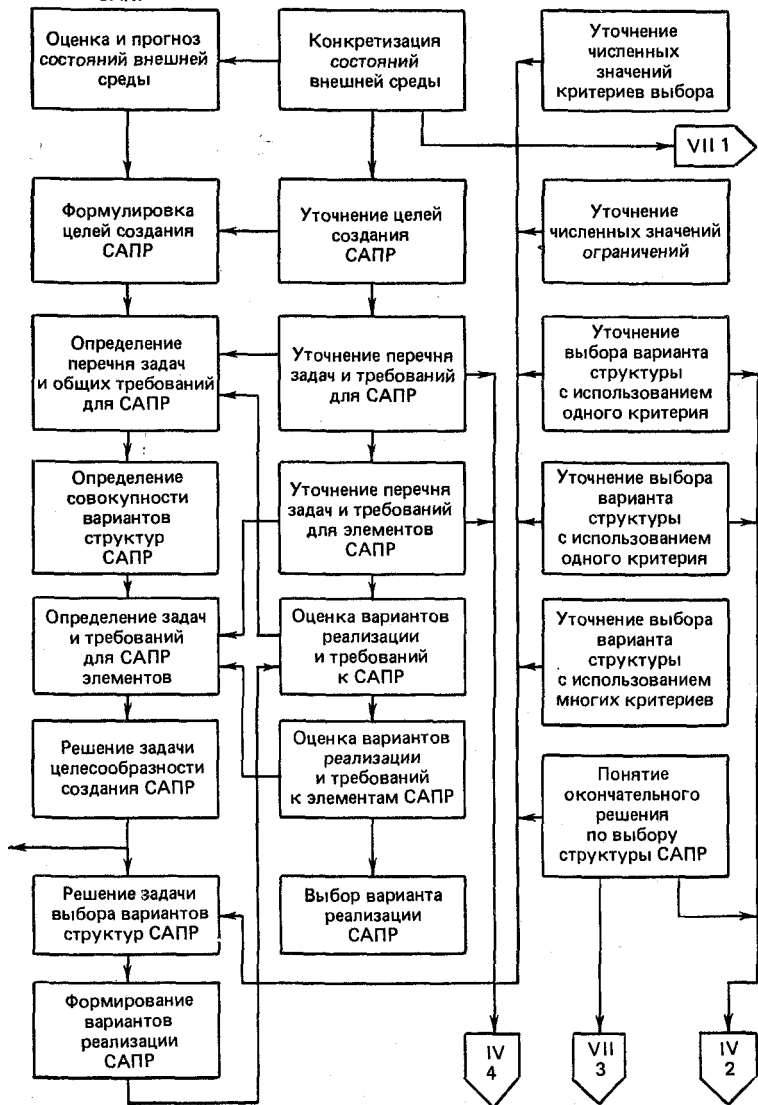
Рассмотрим последовательные циклы итерационного процесса проектирования САПР. В цикле I производится оценка целесообразности разработки и внедрения САПР, а также предварительный выбор структур САПР. Практика разработки САПР показывает, что в результате пренебрежения технико-экономической оценкой целесообразности разработки и внедрения САПР при создании больших и дорогостоящих систем были допущены серьезные ошибки, а вложенные средства не давали должного эффекта и не оправдывали себя. В этом цикле производится оценка перспектив развития и задание состояний внешней среды. Под внешней средой понимается совокупность объектов проектирования и обслуживания, а под состояниями этой среды — динамические характеристики совокупности объектов проектирования и обслуживания или процесса проектирования. Так как внешняя среда САПР подвержена эволюции, необходимо прогнозировать ее развитие и определять состояния на период внедрения и жизненного цикла САПР. От состояния внешней среды в значительной степени зависят технические решения и основные показатели функционирования САПР.

При формулировке целей создания САПР определяются общая и частные цели (подцели) создания и функционирования системы. К ним можно отнести улучшение технико-экономических характеристик процесса

Цикл I
Оценка
целесообразности
разработки
и предварительный
выбор структуры
САПР

Цикл II
Предварительный
выбор
технических
решений

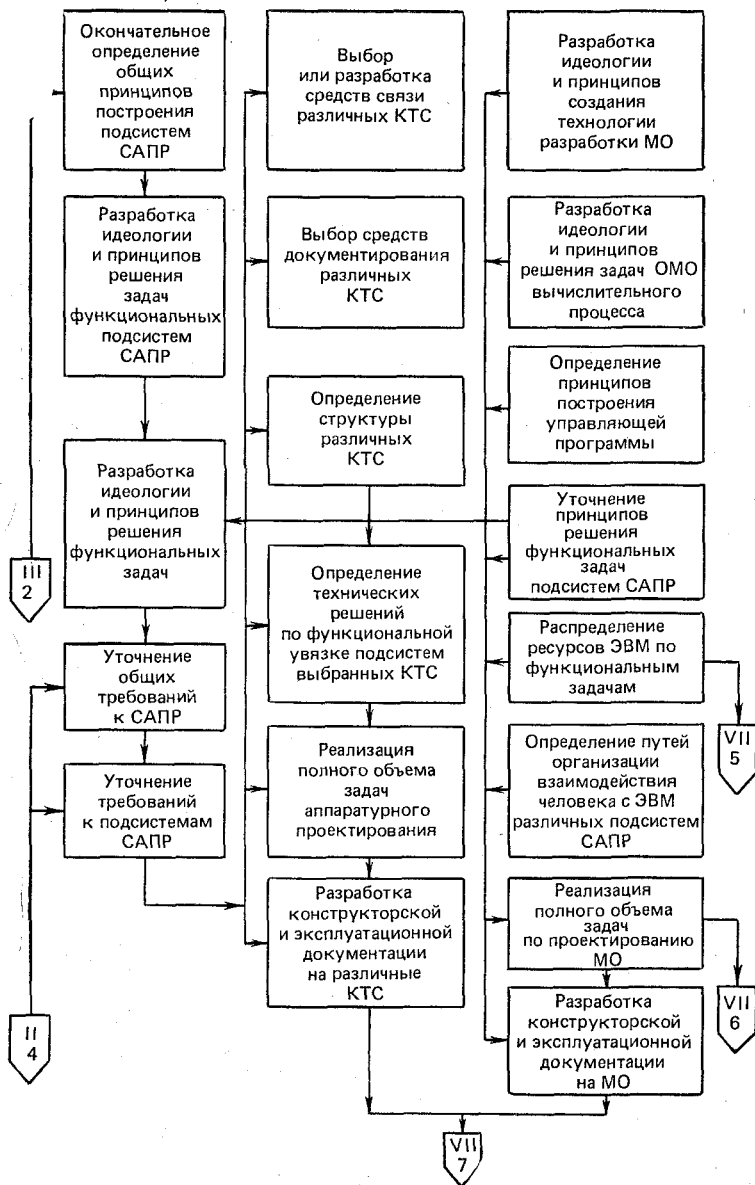
Цикл III
Окончательный
выбор
структуры
САПР



Цикл IV
Окончательный
выбор
решений
по построению
подсистем
и САПР в целом

Цикл V
Окончательный
выбор технических
решений
по созданию
аппаратуры

Цикл VI
Окончательный
выбор
технических
решений
по разработке МО



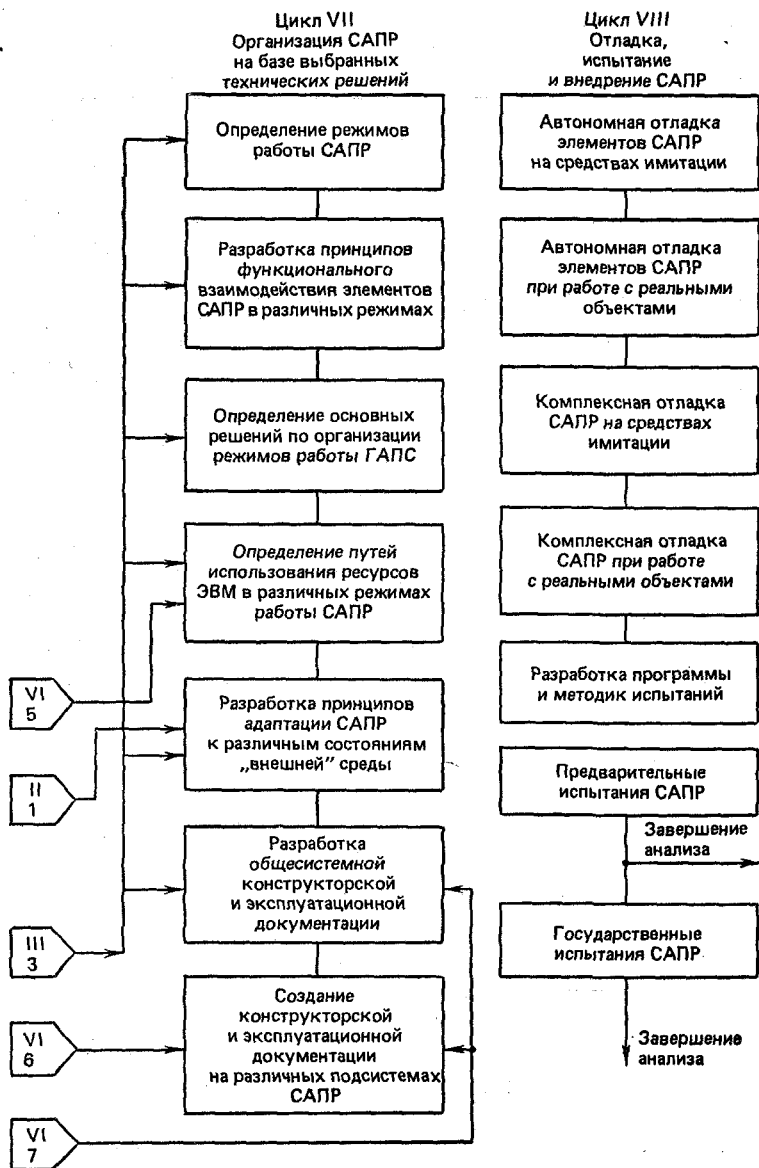


Рис. 1.4. Маршрут проектирования САПР

проектирования в целом; увеличение производительности труда конструктора; повышение эффективности САПР; повышение надежности функционирования САПР; улучшение качества функционирования САПР или качества выпускаемой продукции.

Затем производится определение полного перечня задач САПР, решаемых для достижения поставленных целей, и предварительное определение степени автоматизации задач и ожидаемого эффекта от автоматизированного решения указанных задач. Вместе с задачами определяются общие требования к системе. Один из элементов системного анализа состоит в определении возможных вариантов структурных схем САПР. От вариантов структурных схем САПР в значительной мере зависят эффективность реализации целей создания САПР, объем капиталовложений, эксплуатационные расходы и характеристики ее функционирования, хотя в рамках выбранной структуры эти параметры могут колебаться в достаточно больших пределах.

Целесообразность разработки и выбора структур САПР оценивается на основе соответствующих критериев. Критерии для оценки САПР можно разделить на три группы:

1) интегральные, которые носят общий (интегральный) характер и дают оценку эффекта от внедрения САПР за весь период ее службы, — это, как правило, критерии экономической эффективности САПР;

2) дифференциальные, которые носят более локальный характер и предназначены для оценки работоспособности САПР за определенный, но достаточно большой промежуток времени (день, неделя, месяц), — это так называемые критерии оценки эффективности САПР;

3) точечные, которые характеризуют качество функционирования САПР в данный момент времени, — это так называемые оперативные критерии качества, являющиеся, как правило, основой для оценки качества и организации процесса проектирования в каждый текущий момент времени.

Для оценки целесообразности разработки и выбора структур САПР используются критерии первой группы. Если в результате оценки целесообразности САПР приходят к отрицательному выводу, т. е. к нецелесообразности создания системы, то анализ завершают. В противном случае для дальнейшего рассмотрения из всей совокупности структур выбирают несколько наилучших вариантов структур САПР. В интересах получения наиболее достоверных оценок для каждого варианта структуры определяют несколько вариантов их технической реализации.

В цикле II (см. рис. 1.4) выполняются предварительный выбор основных технических решений и оценка вариантов реализации САПР. В начале цикла производится конкретизация состояний внешней среды применительно к оцениваемым вариантам. В цикле I задание состояния внешней среды может быть выполнено в обобщенном виде и по меньшему числу параметров. Определение же конкретных технических решений и вариантов построения САПР требует более детального задания состояний внешней среды и конкретизации ряда ее параметров. Здесь уточняются и конкретизируются цели создания САПР применительно к рассматриваемым вариантам.

Если в цикле I определяется полная совокупность целей создания САПР, то в цикле II реализация этих целей связывается с конкретными вариантами структур САПР, которые могут вносить соответствующие ограничения или изменения в указанные цели. Данное обстоятельство приводит к необходимости уточнения и конкретизации перечня задач для достижения уточненных целей создания САПР, а также общих требований к САПР и требований к ее элементам. В ходе реализации рассматриваемого цикла уточняется степень автоматизации задач и ожидаемого эффекта от этой автоматизации. Варианты реализации САПР, как

правило, оцениваются на основе критериев второй группы, т. е. критериев оценки эффективности САПР для ситуаций, заданных внешней средой. Для оценки конкретных тех или иных технических решений применяются частные критерии, которые в каждом конкретном случае определяют разработчиками.

Варианты реализации САПР принято оценивать с помощью моделей оценки эффективности функционирования таких вариантов. Эти модели дают возможность определить численные значения критериев эффективности для рассматриваемых вариантов. Конкретные технические решения оцениваются обычно с помощью разнообразных частных моделей по выбранным частным критериям.

В заключение цикла для каждого варианта структурной схемы САПР выбирается наилучший вариант технической реализации, который и предлагается для дальнейшего рассмотрения, так что каждый вариант структуры выступает в одном единственном варианте технической реализации.

В цикле III производится окончательный выбор варианта структурной схемы САПР. Этот выбор базируется на результатах исследований предыдущего цикла, так как уточнение и конкретизация целей создания САПР, решаемых задач, конкретизация задания состояний внешней среды, определение основных технических решений и выбор вариантов реализации САПР для каждого варианта структуры приводят к уточнению экономической эффективности каждого варианта структурной схемы САПР и соответствующих ограничений. Окончательный выбор структуры начинается с решения задачи с помощью одного критерия. При этом, если будет получено очевидное решение, переходят к следующему циклу системного анализа.

На практике может оказаться, что два или несколько вариантов структур при оценке по принятому критерию экономической эффективности будут эквивалентны. В этом случае во избежание ошибок при выборе целесообразно эти варианты подвергнуть дополнительным оценкам. Для этого прибегают к различным методам многокритериальной оценки. Однако и эти методы порой не могут дать удовлетворительных ответов. Тогда проводятся экспертные оценки. В таких ситуациях окончательное решение о выборе структуры принимается с учетом результатов, полученных при одно- и многокритериальной и экспертных оценках.

В ходе реализации цикла IV системного анализа производится окончательный выбор технических решений по построению отдельных подсистем и САПР в целом. В этом цикле определяются и уточняются требования к САПР в целом, отдельным подсистемам и элементам. Разработка этих требований является одной из главных задач самой ранней стадии проектирования, поэтому их определение относится к стадии технического предложения. В ходе дальнейшего проектирования на более поздних его стадиях, включая и стадии испытаний САПР, производится уточнение и при необходимости корректировка соответствующих требований.

В цикле V осуществляется окончательный выбор основных технических решений по созданию комплекса технических средств (КТС), т. е. реализуются задачи аппаратного проектирования. Определение варианта структурной схемы САПР, а вместе с ним и варианта реализации, выполненное в предыдущих циклах, позволяет уточнить и окончательно определить основные технические решения по созданию аппаратуры. Важным элементом системного анализа этого цикла является выбор структуры и типов КТС для различных комплексов средств автоматизации (КСА). КТС являются той технической базой, на основе которой реализуется все проектирование в виде функционирующего математического обеспечения (МО) и осуществляется взаимодействие оперативного состава с техническими средствами САПР. Правильность выбора

структуры и типа КТС в значительной мере определяет эффективность решаемых в САПР задач. Поэтому цикл начинается с выбора основных элементов КТС — вычислительных средств (ЭВМ) или комплексов, выполняющих все вычислительные работы по реализации возможных в САПР задач.

Принципиальным элементом системного анализа в этом цикле является определение методов организации взаимодействия человека со средствами автоматизации в САПР, т. е. выбор или разработка средств отображения для различных КТС. Эффективность взаимодействия оперативного состава и технических средств достигается оптимальным разделением функций между терминальными средствами отображения, вычислительными средствами комплекса средств отображения и центрального вычислительного комплекса (ЦВК), разработкой хорошо продуманной конструкции органов управления средств отображения, а также обеспечением высокой скорости реакции средств отображения на запросы операторов. Затем производится выбор остальных подсистем КТС, который здесь не рассматривается. Цикл заканчивается созданием на определенных стадиях рабочего проектирования конструкторской и эксплуатационной документации на различные КТС данной САПР.

VI цикл системного анализа — окончательный выбор основных решений по разработке МО или стратегии разработки МО. Характерным требованием для САПР жесткого регламентированного режима реального времени является необходимость выполнения большого объема вычислительной работы в единицу времени. Это требует наличия достаточно мощных вычислительных средств, которые по тем или иным причинам не всегда могут быть включены в состав данной САПР. Поэтому очень остро ставится вопрос построения оптимальных программ, реализующих возложенные на них задачи с помощью программ минимального объема. Следовательно, возникает противоречие между сроками разработки и степенью оптимальности построения МО. Выработка компромиссных решений и является предметом выбора стратегии разработки МО.

Цикл завершается разработкой на определенных стадиях рабочего проектирования конструкторской и эксплуатационной документации на МО различных КСА.

VII цикл системного анализа — организация САПР на базе выбранных технических решений. Он начинается с определения режимов работы САПР. По признаку исправности входящих в САПР средств можно выделить: основной режим, когда все средства САПР находятся в исправном состоянии; режимы живучести, когда те или иные средства САПР выходят из строя или находятся на ремонте. По признаку выполняемых в данный момент времени задач различают режимы: проектирования; тренажа; функционального контроля; смешанные, в ходе которых совмещаются либо все три режима, либо два из них.

Организация указанных режимов требует разработки соответствующих решений по обеспечению их функционирования с помощью реконфигурации МО и технических средств. Далее по каждой подсистеме САПР конкретизируются принципы построения и технические решения по организации функционального взаимодействия элементов подсистем, решаются вопросы организации информационных потоков и обмена данными, разрабатывается структура обмена информацией, определяются скорость, достоверность и возможность задержки в передаче в различных звеньях, рассчитываются частные характеристики подсистем и т. д.

Важным вопросом является выбор путей оптимального использования вычислительных ресурсов при создании и функционировании САПР. Оптимальное использование вычислительных ресурсов в ходе разработки САПР заключается в том, чтобы обеспечить равномерный рас-

ход всех видов основных вычислительных ресурсов: производительности центрального процессора (ЦП), емкости оперативной (ОП) и внешней (ВП) памяти, скорости обмена устройства ввода-вывода (УВВ). В противном случае, израсходовав один из видов ресурсов раньше чем другие, можно искусственно снизить возможности вычислительных средств по реализации заданного объема задач.

Оптимальное использование вычислительных ресурсов в ходе функционирования САПР сводится к реализации таких алгоритмов и программ, которые позволяют обеспечить работоспособность САПР при отклонении параметров от заданных в техническом задании (ТЗ). Один из путей оптимизации использования вычислительных ресурсов при функционировании САПР состоит в разработке адаптивных к различным условиям алгоритмов и программ. Завершается цикл разработкой на стадии рабочего проектирования общесистемной конструкторской и эксплуатационной документации на различные КСА.

Последний VIII цикл системного анализа отражает всю совокупность вопросов, связанных с отладкой, испытаниями и внедрением САПР в эксплуатацию. При этом довольно сложная структура современных САПР реального времени вынуждает разработчиков прибегать к разностной и разноплановой системе отладки. Поэтому последовательно осуществляют сначала автономную отладку элементов САПР на средствах имитации, а после ее завершения переходят к автономной отладке с реальными объектами. Лишь после завершения этих видов отладки приступают к комплексной отладке всей САПР на средствах имитации. Отладка САПР считается завершенной после выполнения комплексной отладки с привлечением реальных объектов. Важным элементом системного анализа является разработка программы и методов испытаний, ибо от них в значительной степени зависят затраты и сроки проведения испытаний, достоверность полученных результатов и т. д.

Цикл завершается проведением предварительных и государственных испытаний, по результатам которых делаются выводы и возможности внедрения системы в эксплуатацию. После выполнения последнего элемента каждого цикла, как правило, переходят к следующему циклу. Однако при необходимости каждый цикл или группу циклов можно повторить. В этом случае возвращаются к началу первого или какого-либо другого цикла и с позиции уже большей определенности повторяют циклы и элементы процесса.

1.9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ САПР

Основными особенностями процесса проектирования в условиях функционирования САПР являются: сложность процесса проектирования и его новизна по сравнению с традиционными формами; организация взаимосвязи и совместной работы пользователей и САПР; организация непосредственной работы пользователей со средствами САПР; взаимодействие персонала проектных подразделений со службой САПР.

Реализация рациональной технологии проектирования требует: совершенствования структуры проектной организации, четкого определения связей проектных подразделений и персонала при выполнении конкретных работ; разработки соответствующих документов (стандартов предприятий, руководящих документов, инструкций, приказов и т. п.), регламентирующих проектные работы, документацию, функции, права и обязанности персонала; совершенствования организации согласования и взаимодействия принимаемых проектных решений.

Технологический процесс проектирования в условиях функциониро-

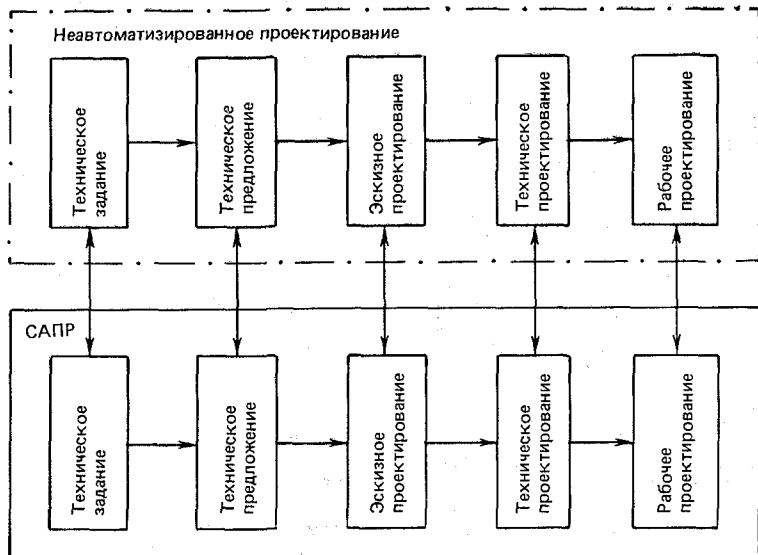


Рис. 1.5. Структура технологического процесса проектирования в условиях функционирования САПР

вания САПР определяют на стадии проектирования САПР. В общем случае технологический процесс должен охватывать все регламентированные стандартами стадии проектирования (рис. 1.5).

В зависимости от назначения и области использования САПР определенные стадии автоматизированного проектирования могут быть пропущены. Содержательный аспект технологии проектирования можно характеризовать схемой, приведенной на рис. 1.6 [102].

Структурно-параметрическое проектирование включает стадии технического задания, технического предложения и частично эскизного проектирования. На этом этапе определяют концептуальные, общие структурные и конструктивные решения, а также системные (внешние) связи объекта проектирования и структурно-параметрические варианты решений.

Функционально-конструкторское проектирование включает (частично) стадии эскизного проектирования и технического проектирования. На этом этапе определяют функциональные параметры, характеристики, структуру и общие конструктивные решения. Принятие и оценку решений осуществляют для каждого структурно-параметрического варианта. При этом для дальнейшего рассмотрения оставляют только перспективные с точки зрения оптимальности (рациональности) решений варианты.

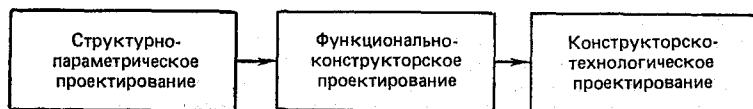


Рис. 1.6. Содержательная структура технологического процесса проектирования

Конструкторско-технологическое проектирование включает стадии технического (частично) и рабочего проектирования. На этом этапе осуществляют полную детализацию решений по конструкции, компонентам, технологии производства и эксплуатации проектируемого объекта. При этом либо выбирают наиболее приемлемый вариант, либо оставляют минимальное количество вариантов, анализ которых целесообразен для принятия окончательного решения.

Укрупненная схема технологического процесса проектирования приведена на рис. 1.7. Блоки 3, 4 соответствуют этапу структурно-параметрического проектирования, блоки 5—8 — функционально-конструкторского проектирования, блоки 9—13 — конструкторско-технологического проектирования. На основании анализа исходных данных (требований) проектирования (блок 1) осуществляется анализ аналогов объекта (блок 2). При наличии подходящих аналогов производится их оценка, контроль и принятие (если это возможно) окончательных решений (блок 14). Если окончательное решение принять невозможно, аналоги используют для принятия промежуточных решений (блоки 8 и 13). Эти, как и все остальные, обратные связи в схеме не указаны.

При отсутствии подходящих аналогов осуществляют генерацию вариантов концептуальных решений по объекту проектирования (блок 3), т. е. по существу множество концептуальных моделей, дальнейшая детализация которых обеспечивает принятие решений по компонентам и параметрам объекта. Затем варианты оценивают, отбирают с точки зрения перспективности дальнейшего рассмотрения и производят их декомпозицию с целью организации дальнейшего параллельного проектирования отдельных частей объекта, например подсистем, блоков, узлов и т. п. (блок 4).

Раздельное проектирование частей объекта должно проводиться с учетом согласования решений, получаемых для всех частей, между собой с целью получения наиболее рационального общего решения. Для каждой части формируют модели и критерии (блок 5), проводят анализ аналогов (блок 6). Если приемлемые аналоги частей объекта имеются, их передают для оценки и синтеза решений (блок 8) совместно с принятыми структурными и функциональными решениями по частям, не имеющим приемлемых аналогов (блок 7). Отобранные конструктивные варианты объекта декомпозируют (при необходимости) на составляющие (блок 9) для дальнейшего параллельного проектирования с детализацией компонентов. Для каждой составляющей формируют модели и критерии (блок 10), проводят анализ аналогов компонентов (блок 11). При наличии аналогов компонентов они передаются на выполнение оценки и синтеза детальных решений по объекту (блок 13) совместно с принятыми детальными решениями (блок 12) по составляющим и компонентам, не имеющим аналогов. Полученные варианты детальных решений по объекту оценивают, контролируют и принимают окончательное решение путем выбора наиболее приемлемого (оптимального) варианта (блок 14). По принятым проектным решениям осуществляют компоновку и выпуск проектной документации. Если на каком-либо этапе невозможно принять приемлемое решение, переходят на предыдущие этапы и пересматривают решения вплоть до начального этапа (блок 1), на котором в этом случае осуществляют (если это возможно) пересмотр исходных данных. Для поддержания и осуществления технологического процесса проектирования в условиях функционирования САПР реорганизуют проектные подразделения и создают специальные подразделения, объединяемые в службу САПР.

Структуру проектных подразделений реорганизуют в соответствии с используемыми программно-техническими компонентами и выполняемыми функциями автоматизированного проектирования, которые предполагают различный уровень взаимодействия с ними проектировщиков.

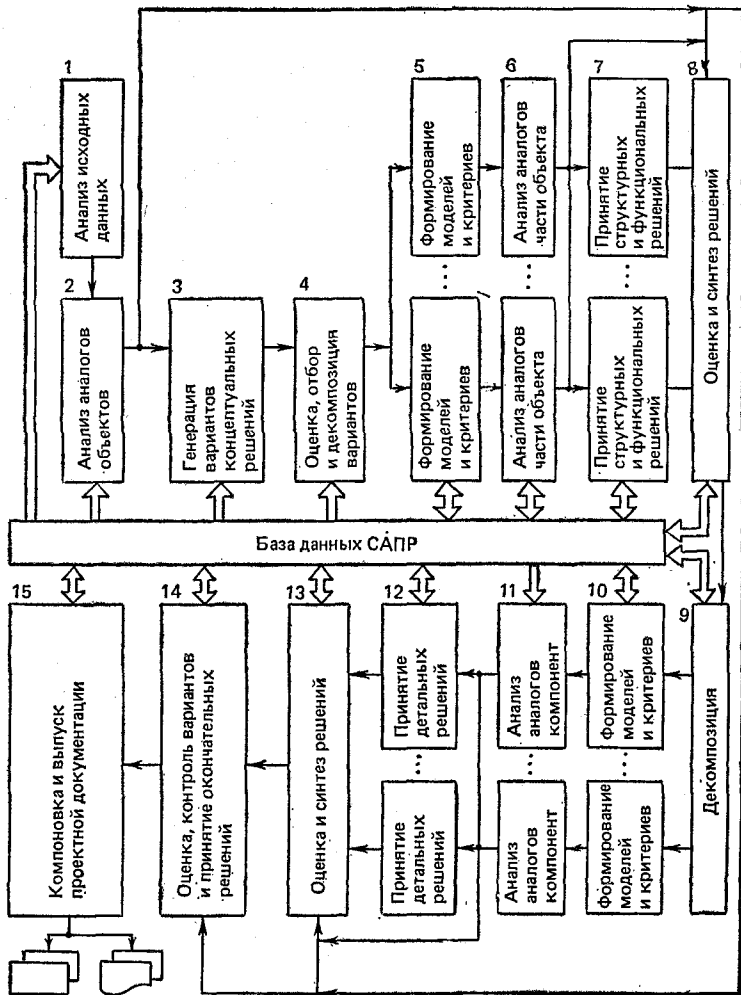


Рис. 1.7. Укрупненная схема технологического процесса проектирования в условиях функционирования САПР

В зависимости от уровня взаимодействия различают три типа проектных подразделений [68].

Для подразделений первого типа характерна низкая степень взаимодействия со средствами САПР. Взаимодействие заключается в подготовке заданий, запросов и данных, передаваемых в службу САПР.

Рассматриваемый уровень взаимодействия не требует структурной перестройки (во всяком случае значительной) проектных подразделений и специальной подготовки проектировщиков, которые являются пользователями результатов функционирования ПТК.

Для подразделений второго типа характерна средняя степень взаимодействия со средствами САПР. Объем работ, подлежащих выполнению в автоматизированном режиме, довольно значителен (до 50 %). В этом случае целесообразно пересмотреть специализацию работ, выделив для автоматизированного проектирования необходимых специалистов, организовав их подготовку (переподготовку) по формированию данных и запросов для ПТК (на входном языке, в табличном виде и т. п.) и вводу их в ЭВМ. При такой организации работы проектировщик является параметрическим пользователем ПТК.

Для подразделений третьего типа характерна высокая степень взаимодействия проектировщиков со средствами САПР. Такая форма работы является развитием предыдущей и обеспечивает взаимодействие проектировщиков (интерактивных пользователей) с ПТК в диалоговом режиме. При этом также необходима специальная подготовка (переподготовка) специалистов-проектировщиков.

Служба САПР должна выполнять следующие работы: технологическое сопровождение информационно-вычислительных процессов; технологическое сопровождение процессов автоматизированного проектирования; сопровождение и ведение баз данных; подготовку данных на машинных носителях; диспетчеризацию информационно-вычислительных процессов и процессов автоматизированного проектирования; системное обеспечение информационно-вычислительных процессов; разработку программных компонентов САПР; сопровождение программных компонентов САПР; обслуживание технических средств САПР; организацию работ по развитию САПР.

1.10. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИЯ И РАЗВИТИЯ САПР

Эксплуатацию САПР осуществляет персонал проектных подразделений и службы САПР. Обслуживание и развитие САПР организует служба САПР.

Персонал проектных подразделений выполняет следующие работы по эксплуатации САПР:

- подготовку исходных данных для проектирования объекта, формализацию их и ввод в систему с помощью терминального устройства либо передачу в службу САПР для ввода;

- запрос данных по аналогам проектируемого объекта либо непосредственно с терминала, либо через службу САПР, просмотр этих данных, анализ возможности использования аналогов, отбор аналогов, запись (выдачу задания на запись) данных (или идентификаторов) по аналогам, принятым для дальнейшей работы, в базу проектных решений;

- подготовку и формирование моделей объектов и их частей, а также вариантов проектных решений с использованием типовых решений (наиболее эффективно эту работу выполнять в диалоговом режиме, но возможен и пакетный режим, при этом пользователь подготавливает задания, передает их в службу САПР и получает оттуда результаты обработки в виде распечаток и графического материала);

- запрос нормативно-справочной информации (из базы данных) непосредственно с терминала либо через службу САПР (что значительно менее эффективно) для формирования, оценки и принятия решений;

- подготовку исходных данных для задач автоматизированного проектирования;

- формирование критериев и ограничений для задач автоматизированного проектирования;

- подготовку запросов на выполнение задач автоматизированного проектирования;

непосредственное участие в автоматизированном проектировании (реализация задач моделирования, расчета, информационного обеспечения, оценка вариантов, декомпозиция и синтез решений, принятие решений, контроль решений) в интерактивном режиме, в форме ответов на вопросы системы (задачи), в контролирующем режиме (контроль хода процесса с возможностью корректировки его направленности, исходных данных и результатов), в режиме «наблюдение» (корректировка возможна после завершения задачи путем изменения исходных данных и повторного запуска задачи);

согласование принимаемых проектных решений со связанными с ними решениями и моделями (как правило, они хранятся в БД проектных решений);

поиск и формирование информации для БД;

подготовку запроса в службу САПР для дополнения, корректировки и удаления информации в БД;

формирование данных по типовым решениям и передачу их в службу САПР для ввода в базу (в собственную пользовательскую БД персонал может вносить данные без согласования со службой САПР, информируя ее лишь о содержании баз);

управление автоматизированным проектированием с целью получения рациональных решений в требуемые сроки;

компоновку документации с использованием типовых решений (наиболее эффективной формой является диалоговое редактирование);

контроль выпущенной документации.

Персонал службы САПР выполняет следующие работы по эксплуатации САПР:

принимает от проектных подразделений данные и задания на выполнение информационных и проектных работ, проверяет правильность их оформления и передает на подготовку данных и ввод в ЭВМ;

подготавливает совместно с проектировщиками задания по особо сложным работам;

подготавливает данные на машинных носителях и вводит данные в ЭВМ;

запускает задания на выполнение и контролирует выполнение;

получает результаты выполнения заданий, контролирует их и передает в проектные подразделения;

непосредственно участвует в выполнении ряда проектных работ в интерактивном режиме совместно с проектировщиками;

подготавливает пакет заданий для ПТК на текущий период (при реализации заданий в пакетном режиме);

составляет графики работы пользователей с ПТК и оперативную диспетчеризацию работ;

выводит проектную документацию и контролирует ее качество.

Служба САПР должна обеспечить подготовку персонала проектных подразделений к эксплуатации САПР, а также проводить консультации по возникающим у пользователей вопросам. Особенности обслуживания САПР являются: большое количество и разнообразие ТС; большое количество и сложность программных средств; большие объемы и сложность баз данных и библиотек типовых решений.

Персонал службы САПР выполняет следующие работы по обслуживанию САПР:

создает базы данных и библиотеки типовых решений (общие и пользовательские) по заданию проектных подразделений;

сопровождает (ведет) базы данных (ввод, корректировка, удаление данных, обеспечение сохранности и восстановление БД, реорганизация БД, сбор статистики и т. д.);

формирует и оформляет типовые решения;

сопровождает (ведет) библиотеки типовых решений (пополнение, корректировка, удаление);
создает новые библиотеки типовых решений;
тестирует и контролирует работу оборудования;
организует плановые профилактические и текущие ремонты совместно со специалистами региональных организаций по техническому обслуживанию оборудования;
проводит профилактические сервисные работы;
проводит работы по подготовке оборудования к эксплуатации (заправка материалов и носителей, установка требуемых режимов и т. д.);
генерирует программные системы, СУБД, базовые и прикладные пакеты программ;
сопровождает общесистемные (учет, хранение, копирование, восстановление, внесение изменений), базовое и прикладное программное обеспечение;
проверяет работоспособность программных средств;
подготавливает программные средства к работе;
контролирует работу программных средств;
организует программные комплексы;
разрабатывает, приобретает и внедряет сервисные программные средства.

Организация развития САПР регламентируется ГОСТ 23501. 12—81. Развитие САПР осуществляют подразделения управления созданием и развитием САПР в отрасли, службы САПР в головной (ведущей) организации, служба САПР проектной организации и проектные подразделения. Эти подразделения и службы пополняют САПР новыми подсистемами и компонентами, а также модернизируют действующие подсистемы и компоненты. Модернизацию подсистем и компонентов САПР проводят в действующей системе заменой функционирующих компонентов новыми, более совершенными. Стадии развития и модернизации систем и подсистем — по ГОСТ 23501.1—79.

Работы по развитию САПР, модернизации подсистем и компонентов планируют и выполняют как самостоятельные по отдельному техническому заданию. Техническое задание составляют службы САПР головной (ведущей) и проектной организации возможно с привлечением специализированных организаций. Разработку компонентов и подсистем при развитии САПР осуществляют специализированные организации совместно со службой САПР проектной организации либо служба САПР совместно с проектными подразделениями. Внедрение подсистем и компонентов осуществляют специализированные организации и службы САПР проектной организации. Апробацию и освоение подсистем и компонентов осуществляют проектные подразделения совместно со службой САПР.

Для определения соответствия подсистем и компонентов САПР требуемому научно-техническому уровню проводят периодические контрольные испытания действующей САПР организации. Испытания проводят комиссии, назначаемые министерством (ведомством), которому подчинена организация. Результаты испытаний оформляются протоколом, в котором содержатся: оценка эффективности и качества продукции, спроектированной с помощью САПР; заключение о соответствии (несоответствии) подсистем и компонентов действующей САПР современному научно-техническому уровню; рекомендации о разработке или модернизации подсистем и компонентов проверяемой САПР. Протокол периодических испытаний САПР является основой разработки плана работ по развитию САПР.