ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САПР

Различные возможности и границы применения вы­числительной техники для автоматизации проектирова­ния определяются уровнем формализации научно-тех­нических знаний в конкретной отрасли. Чем глубже разработана теория того или иного класса технических систем, тем большие возможности объективно существуют для автоматизации процесса их проектирования.

Применение ЭВМ при проектно-конструкторских ра­ботах в своем развитии прошло несколько стадий и пре­терпело значительные изменения. С появлением вычисли­тельной техники был сделан акцент на автоматизацию проектных задач, имеющих четко выраженный расчетный характер, когда реализовывались методики, ориентиро­ванные на ручное проектирование. Затем, по мере накоп­ления опыта, стали создавать программы автоматизиро­ванных расчетов на основе методов вычислительной мате­матики (параметрическая оптимизация, метод конечных элементов и т. п.). С внедрением специализированных терминальных устройств появляются универсальные про­граммы для ЭВМ для решения как расчетных, так и не­которых рутинных проектных задач (изготовление чер­тежей, спецификаций, текстовых документов и т. п.). В последние годы большое внимание уделяется автома­тизации расчетно-конструкторских работ при проекти­ровании типовых узлов и агрегатов, когда синтез кон­струкции проводится эвристически, а основные пара­метры выбираются и оптимизируются в интерактивном режиме диалога проектировщика и ЭВМ.

Однако на всех этих стадиях автоматизации проекти­рования инженеру помимо изучения инструкций по экс­плуатации и написанию программ приходится познавать ряд по сути дела ненужных ему подробностей системных программ и языков программирования. Кроме того, при использовании в проектировании специализированных по объектам разрозненных пакетов прикладных программ (ППП) инженер вынужден каждый раз вновь кодировать и вводить информацию согласно инструкции ППП. Отмеченные недостатки приводят к тому, что частичная («позадачная») автоматизация не оказала существенного влияния на повышение качества и производитель­ности проектирования технических систем и средств в целом.

Решение проблем автоматизации проектирования с по­мощью ЭВМ основывается на системном подходе, т. е. на создании и внедрении САПР — систем автоматизиро­ванного проектирования технических объектов, которые решают весь комплекс задач от анализа задания до раз­работки полного объема конструкторской и технологиче­ской документации. Это достигается за счет объединения современных технических средств и математического обес­печения, параметры и характеристики которых выби­раются с максимальным учетом особенностей задач проектно-конструкторского процесса. САПР представляет собой крупные организационно-технические системы, со­стоящие из комплекса средств автоматизации проектиро­вания, взаимосвязанного с подразделениями конкретной проектной организации.

**1. ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ САПР**

Под автоматизацией проектирования понимают си­стематическое применение ЭВМ в процессе проектирова­ния при научно обоснованном распределении функций между проектировщиком и ЭВМ и научно обоснованном выборе методов машинного решения задач.

Цель автоматизации — повысить качество проектиро­вания, снизить материальные затраты на него, сократить сроки проектирования и ликвидировать рост числа ин­женерно-технических работников, занятых проектирова­нием и конструированием.

Научно обоснованное распределение функций между человеком и ЭВМ подразумевает, что человек должен решать задачи, носящие творческий характер, а ЭВМ — задачи, решение которых поддается алгоритмизации.

Существенным отличием автоматизированного проекти­рования от неавтоматизированного является возможность замены дорогостоящего и занимающего много времени физического моделирования — математическим моделиро­ванием. При этом следует иметь в виду одно важнейшее обстоятельство: при проектировании число вариантов необозримо. Поэтому нельзя ставить задачу создания универсальной САПР, а необходимо решать вопросы проектирования для конкретного семейства машин.

Для создания САПР необходимо:

* совершенствовать проектирование на основе примене­ния математических методов и средств вычислительной техники;
* автоматизировать процессы поиска, обработки и вы­дачи информации;
* использовать методы оптимального и вариантного про­ектирования; применять эффективные, отражающие су­щественные особенности, математические модели проек­тируемых объектов, комплектующих изделий и мате­риалов;
* создавать банки данных, содержащих систематизиро­ванные сведения справочного характера, необходимые для автоматизированного проектирования объектов;
* повышать качество оформления проектной докумен­тации;
* повышать творческую долю труда проектировщиков за счет автоматизации нетворческих работ;
* унифицировать и стандартизовать методы проекти­рования;
* подготавливать и переподготавливать специалистов;
* реализовывать взаимодействие с автоматизированными системами различного уровня и назначения.

Комплекс средств автоматизации проектирования вклю­чает методическое, лингвистическое, математическое, про­граммное, техническое, информационное и организацион­ное обеспечение.

**2. СОСТАВ САПР**

САПР — система, объединяющая технические сред­ства, математическое и программное обеспечение, пара­метры и характеристики которых выбирают с максималь­ным учетом особенностей задач инженерного проектиро­вания и конструирования. В САПР обеспечивается удоб­ство использования программ за счет применения средств оперативной связи инженера с ЭВМ, специальных проб­лемно-ориентированных языков и наличия информаци­онно-справочной базы.

Структурными составными составляющими САПР яв­ляются подсистемы, обладающие всеми свойствами систем и создаваемые как самостоятельные системы. Это выделенные по некоторым признакам части САПР, обеспечиваю­щие выполнение некоторых законченных проектных задач с получением соответствующих проектных решений и проектных документов.

По назначению подсистемы САПР разделяют на два вида: проектирующие и обслуживающие.

К проектирующим относятся подсистемы, выполняю­щие проектные процедуры и операции, например:

* подсистема компоновки машины;
* подсистема проектирования сборочных единиц;
* подсистема проектирования деталей;
* подсистема проектирования схемы управления;
* подсистема технологического проектирования.

К обслуживающим относятся подсистемы, предназна­ченные для поддержания работоспособности проектирую­щих подсистем, например:

* подсистема графического отображения объектов про­ектирования;
* подсистема документирования;
* подсистема информационного поиска и др.

В зависимости от отношения к объекту проектирования различают два вида проектирующих подсистем:

* объектно-ориентированные (объектные);
* объектно-независимые (инвариантные).

К объектным подсистемам относят подсистемы, выпол­няющие одну или несколько проектных процедур или операций, непосредственно зависимых от конкретного объекта проектирования, например:

* подсистема проектирования технологических систем;
* подсистема моделирования динамики, проектируемой конструкции и др.

К инвариантным подсистемам относят подсистемы, выполняющие унифицированные проектные процедуры и операции, например:

* подсистема расчетов деталей машин;
* подсистема расчетов режимов резания;
* подсистема расчета технико-экономических показа­телей и др.

Процесс проектирования реализуется в подсистемах в виде определенной последовательности проектных про­цедур и операций. Проектная процедура соответствует части проектной подсистемы, в результате выполнения которой принимается некоторое проектное решение. Она состоит из элементарных проектных операции, имеет твердо установленный порядок их выполнения и направ­лена на достижение локальной цели в процессе проекти­рования. Под проектной операцией понимают условно Выделенную часть проектной процедуры или элементар­ное действие, совершаемое конструктором в процессе проектирования. Примерами проектных процедур могут служить процедуры разработки кинематической или ком­поновочной схемы станка, технологии обработки изделий и т. п., а примерами проектных операций — расчет при­пусков, решение какого-либо уравнения и т. п.

Структурное единство подсистем САПР обеспечивается строгой регламентацией связей между различными ви­дами обеспечения, объединенных общей для данной под­системы целевой функцией. Различают следующие виды обеспечения:

* 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 и их сочетания;
* информационное обеспечение — документы, содержа­щие описание стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, типовых элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные;
* организационное обеспечение — положения и инструк­ции, приказы, штатное расписание и другие документы, регламентирующие организационную структуру подраз­делений и их взаимодействие с комплексом средств авто­матизации проектирования.

**3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САПР**

Разработка САПР представляет собой крупную на­учно-техническую проблему, а ее внедрение требует зна­чительных капиталовложений. Накопленный опыт позво­ляет выделить следующие основные принципы построе­ния САПР.

1. САПР — человеко-машинная система. Все создан­ные и создаваемые системы проектирования с помощью ЭВМ являются автоматизированными, важную роль в них играет человек — инженер, разрабатывающий проект тех­нического средства.

В настоящее время и по крайней мере в ближайшие годы создание систем автоматического проектирования не предвидится, и ничто не угрожает монополии человека при принятии узловых решении в процессе проектирова­ния. Человек в САПР должен решать, во-первых, все задачи, которые не формализованы, во-вторых, задачи, решение которых человек осуществляет на основе своих эвристических способностей более эффективно, чем со­временная ЭВМ на основе своих вычислительных воз­можностей. Тесное взаимодействие человека и ЭВМ в про­цессе проектирования — один из принципов построения и эксплуатации САПР.

2. САПР — иерархическая система, реализующая ком­плексный подход к автоматизации всех уровней проекти­рования. Иерархия уровней проектирования отражается в структуре специального программного обеспечения САПР в виде иерархии подсистем.

Следует особо подчеркнуть целесообразность обеспе­чения комплексного характера САПР, так как автома­тизация проектирования лишь на одном из уровней ока­зывается значительно менее эффективной, чем полная автоматизация всех уровней. Иерархическое построение относится не только к специальному программному обес­печению, но и к техническим средствам САПР, разделяе­мых на центральный вычислительный комплекс и авто­матизированные рабочие места проектировщиков.

3. САПР — совокупность информационно-согласован­ных подсистем. Этот очень важный принцип должен отно­ситься не только к связям между крупными подсистемами, но и к связям между более мелкими частями подсистем. Информационная согласованность означает, что все или большинство возможных последовательностей задач про­ектирования обслуживаются информационно согласован­ными программами. Две программы являются информа­ционно согласованными, если все те данные, которые представляют собой объект переработки в обеих програм­мах, входят в числовые массивы, не требующие измене­ний при переходе от одной программы к другой. Так, информационные связи могут проявляться в том, что результаты решения одной задачи будут исходными данными для другой задачи. Если для согласования программ требуется существенная переработка общего массива с участием человека, который добавляет недостающие параметры, вручную перекомпоновывает массив или изме­няет числовые значения отдельных параметров, то про­граммы информационно не согласованы. Ручная пере­компоновка массива ведет к существенным временным задержкам, росту числа ошибок и поэтому уменьшает спрос на услуги САПР. Информационная несогласован­ность превращает САПР в совокупность автономных программ, при этом из-за неучета в подсистемах многих факторов, оцениваемых в других подсистемах, снижается качество проектных решений.

4. САПР — открытая и развивающаяся система. Существует, по крайней мере, две веские причины, по которым САПР должна быть изменяющейся во времени системой. Во-первых, разработка столь сложного объекта, как САПР, занимает продолжительное время, и экономи­чески выгодно вводить в эксплуатацию части системы по мере их готовности. Введенный в эксплуатацию базовый вариант системы в дальнейшем расширяется. Во-вторых, постоянный прогресс техники, проектируемых объектов, вычислительной техники и вычислительной математики приводит к появлению новых, более совершенных мате­матических моделей и программ, которые должны заме­нять старые, менее удачные аналоги. Поэтому САПР должна быть открытой системой, т. е. обладать свойством удобства использования новых методов и средств.

5. САПР — специализированная система с максималь­ным использованием унифицированных модулей. Требо­вания высокой эффективности и универсальности, как правило, противоречивы. Применительно к САПР это положение сохраняет свою силу. Высокой эффективности САПР, выражаемой прежде всего малыми временными и материальными затратами при решении проектных задач, добиваются за счет специализации систем. Очевидно, что при этом растет число различных САПР. Чтобы сни­зить расходы на разработку многих специализирован­ных САПР, целесообразно строить их на основе макси­мального использования унифицированных составных ча­стей. Необходимым условием унификации является поиск общих черт и положений в моделировании, анализе и синтезе разнородных технических объектов. Безусловно, может быть сформулирован и ряд других принципов, что подчеркивает многосторонность и слож­ность проблемы САПР.

**4. СТАДИИ СОЗДАНИЯ САПР**

Создание и развитие САПР осуществляется самой про­ектной организацией с привлечением (при необходимости) других организации-соисполнителей, в том числе научно-исследовательских институтов и высших учебных заведе­ний. Следует подчеркнуть, что создание САПР — слож­ная и трудоемкая работа, выполнение которой под силу только большому высококвалифицированному коллек­тиву разработчиков.

Процесс создания САПР включает в себя восемь ста­дий: предпроектные исследования, техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочий проект, изготовление, отладка и испыта­ние, ввод в действие.

Руководство разработкой, внедрением, эксплуатацией и модернизацией систем и компонентов САПР в проектной организации должно заниматься специализированное под­разделение, включающее группы специалистов соответ­ствующих направлений.

Предпроектные исследования проводятся для выявле­ния готовности конкретной проектной организации к вне­дрению автоматизированных методов. Основу этой ра­боты составляет системное обследование объекта проек­тирования и используемых в инженерной практике тра­диционных методов и приемов проектирования, а также объема технической документации, разрабатываемой в про­цессе проектирования. Процесс обследования осуще­ствляется главным образом опросом опытных проекти­ровщиков и конструкторов.

В результате обследования определяется необходимость и экономическая эффективность создания автоматизиро­ванной системы. При этом учитывается объем проектно-конструкторских работ, их периодичность, общие за­траты инженерного труда, возможность создания адекват­ного математического описания и оптимизационных про­цедур, необходимость повышения качественных показа­телей проектируемого изделия, сокращение сроков про­ектирования.

Существенным фактором при решении вопроса о це­лесообразности создания САПР является подготовленность соответствующего проектного подразделения к соз­данию и внедрению САПР. Подготовленность может быть оценена по следующим критериям:

* возможность формализации проектно-конструкторских задач и реализации математических методов их решения;
* наличие требуемых технических средств и необходи­мость приобретения и установки дополнительных агре­гатов;
* подготовленность информационных фондов и техниче­ских средств хранения и обработки информации.

Кроме того, важно выявить факторы оценки подготов­ленности кадров для эксплуатации САПР, к которым можно отнести следующие:

* соответствие внедряемой системы принятой организа­ции проектных работ;
* наличие в проектно-конструкторской организации кад­ров для эксплуатации и поддержания работоспособности САПР;
* отношение руководства организации к созданию си-темы и уровень организации этих работ;
* психологическая подготовленность коллектива к вне­дрению САПР.

Техническое задание (ТЗ) является исходным доку­ментом для создания САПР и должно содержать наиболее полные исходные данные и требования. Этот документ разрабатывает головной разработчик системы. ТЗ на создание САПР должно содержать следующие основные разделы:

*«.Наименование и область применения»,* где указы­вают полное наименование системы и краткую характе­ристику области ее применения;

*«Основание для создания»,* где указывают наименование директивных документов, на основании которых создается САПР;

*«Характеристика объектов проектирования»,* где при­водят сведения о назначении, составе, условиях примене­ния объектов проектирования;

*«Цель и назначение»,* где перечисляют цель создания САПР, ее назначение и критерий эффективности ее функ­ционирования;

*«Характеристика процесса проектирования»,* где при­водят общее описание процесса проектирования, требо­вания к входным и выходным данным, а также требования по разделению проектных процедур (операции), выполняемых с помощью неавтоматизированного и автоматизи­рованного проектирования;

*«Требования к САПР»,* где перечисляют требования к САПР в целом и к составу ее подсистем, к применению в составе САПР ранее созданных подсистем и компонен­тов и т. п.;

*«Технико-экономические показатели»,* где оценивают затраты на создание САПР, указывают источники полу­чения экономии и ожидаемую эффективность от приме­нения САПР.

На стадиях технического предложения, эскизного и рабочего проектирования выбираются и обосновываются варианты САПР, разрабатываются окончательные реше­ния. При этом выполняются следующие основные виды работ:

* выявление процесса проектирования (его алгоритм), т. е. принятие основных технических решений;
* разработка структуры САПР и ее взаимосвязи с дру­гими системами (определение состава проектных проце­дур и операции по подсистемам; уточнение состава под­систем и взаимосвязи между ними; разработка схемы функционирования САПР в целом);
* определение состава методов, математических моделей для проектных операций и процедур; состава языков про­ектирования; состава информации (объем, способы ее организации и виды машинных носителей информации); состава общего, специализированного общего и специ­ального программного обеспечения;
* формирование состава технических средств (ЭВМ пе­риферийные устройства и другие элементы);
* принятие решений по математическому, информацион­ному, программному и техническому видам обеспечения по САПР в целом и отдельно по подсистемам;
* расчет технико-экономических показателей САПР.

Оформление всей документации, необходимой для создания и функционирования САПР, выполняют на стадии рабочего проектирования.

На стадии изготовления, отладки и испытания произ­водят монтаж, наладку и испытание комплекса техниче­ских средств автоматизации проектирования, на тестовых примерах доводят программное обеспечение и подготавли­вают проектную организацию к вводу в действие САПР.

Ввод в действие системы осуществляют после опытного функционирования и приемочных испытаний у заказчика.

**5. ОТОБРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР**

Важнейшим вопросом при создании САПР после фор­мализации процесса проектирования является вопрос отображения проектно-конструкторской деятельности ин­женера в программное обеспечение.

В общем, виде процесс проектирования в САПР можно упрощенно представить схемой, показанной на рис. 1. Эта схема отображает элементарную ячейку проектно-конструкторского процесса, из цепочки, которых состоит реальный автоматизированный процесс. Все системы про­ектирования, создаваемые с помощью современных средств вычислительной техники, являются автоматизирован­ными. Важнейшую роль в этих системах играет человек-инженер, разрабатывающий проект новых технических средств. Человек в САПР решает все неформализованные проектные задачи и задачи планирования работ. Совре­менная САПР является инструментом высококвалифици­рованного инженера-проектировщика, поэтому тесное взаимодействие человека и ЭВМ в процессе проектирова­ния — один из важнейших принципов построения и эксплуатации САПР.

Основным блоком в схеме процесса автоматизирован­ного проектирования (рис. 1) является блок проектных решений. В зависимости от полноты формализации наших знаний в конкретной предметной области проектное решение может быть выполнено автоматически или в интерак­тивном режиме. На основе входных данных и ограниче­ний (независимые параметры проектирования) блок изме­няет варьируемые параметры (факторы решения) до полу­чения приемле-

Ограничения

Получение проектных решений

Входные Варьируемые Проектные Проектные

 данные параметры процедуры решения

Оценка результатов проектирования

Выходная документация

Рис. 1. Схема процесса автоматизированного проектирования

мых проектных решений (зависимых пере­менных).

Результаты проектирования должны быть представ­лены в виде, удобном для восприятия человеком, и содер­жать информацию, на основе которой инженер мог бы вынести суждение о результатах проектирования.

Если проектное решение утверждается, то оформляется требуемая выходная документация; если необходима кор­ректировка проекта, инженер, уточняя варьируемые пара­метры, в интерактивном режиме добивается нужных ре­зультатов; когда же проектно-конструкторский процесс не приводит к намеченной цели, необходимо уточнить входные данные и ограничения.

Рассмотрение даже такой упрощенной схемы процесса проектирования позволяет уточнить разделение функции между инженером и ЭВМ в САПР. Получение вариантов проектных решений и их представление в виде, удобном для восприятия человеком, может быть возложено на ЭВМ в той мере, в какой это позволит сделать математи­ческое обеспечение проектных процедур. Но даже при автоматическом получении вариантов проектных решений за инженером остаются важнейшие функции — ввод исход­ных данных для проектирования, окончательная оценка и утверждение проектных решении. В интерактивном же режиме проектирования инженер непосредственно уча­ствует в ходе решения задач, воздействуя на выбор фак­торов решения и уточняя независимые переменные. Полу­чение выходной документации в соответствии с существую­щими требованиями является операцией рутинной и должно выполняться автоматически.

На основании изложенного модель программного обес­печения автоматизированной проектной процедуры можно представить схемой, показанной на рис. 2.

Формирование Задание

входных данных варьируемых

 параметров

Корректировка Список Список

входных данных входных варьируемых Распечатка

 данных параметров варьируемых

Распечатка параметров

входных данных Расчетный

 модуль Подготовка

Формирование Список Проектные данных для

 ограничений ограничений решения оценки решений

Корректировка Визуализация

ограничений проектных

 решений

Распечатка

ограничений Документирование

 проектных решений

Рис. 2. Модель программного обеспечения проектной процедуры в САПР

 Обобщенная модель программного обеспечения проектной процедуры в САПР имеет ряд составляющих и списки данных. В общем, виде каждая составляющая должна реализоваться своим программным модулем.

Назначение модуля формирования входных данных состоит в создании списка этих данных для проектирова­ния и его контроля при вводе в систему. Структура и фор­мат списка входных данных зависят от содержания про­ектной процедуры (расчетного модуля). Необходимо преду­смотреть существование нескольких версий списка вход­ных данных, которые с заданными именами хранятся на участках магнитного диска. Структура списка данных определяется разработчиком САПР, а формируется он либо в диалоговом режиме пользователем, либо генери­руется автоматически предыдущими проектными про­цедурами.

Программный модуль корректировки входных данных предусматривает редактирование (удаление, вставку и т. п.) списка, потребность в котором возникает из-за ошибок пользователя при вводе данных, обнаруживае­мых при контроле, а также при необходимости их уточне­ния в результате анализа и оценки проектных решений.

Для обеспечения тщательного контроля в САПР должны быть предусмотрены программные средства для визуализации списков данных. В общем случае необ­ходимо иметь возможность получения нескольких видов распечатки списка данных: двоичный, десятичный, сим­вольный, табличный и по записям. Для реализации различных требований пользователя распечатка может выводиться на экран дисплея или на АЦПУ. Все эти операции выполняет модуль распечатки входных данных.

Программные модули формирования, корректировки и распечатки ограничении на процесс проектирования функ­ционируют аналогично описанным. Структура и формат ограничений зависят от проектного модуля, но они суще­ственно меньше подвержены изменениям, чем структура и формат исходных данных. Однако необходимо преду­сматривать существование нескольких версий этих списков (например, общих требований к техническим средствам со стороны различных заказчиков).

Создание и контроль списка варьируемых параметров осуществляются программными модулями их задания и распечатки.

Расчетный модуль программного обеспечения про­цесса проектирования предназначен для автоматичес­кого выполнения ЭВМ всех тех операций проект­ной процедуры, которые удалось полностью формали­зовать.

Получаемые варианты проектных решений обрабаты­ваются программным модулем подготовки данных для оценки решений и передаются модулю визуализации. Анализируя результаты проектно-конструкторского процесса, инженер должен иметь возможность про­смотра выходных данных на АЦПУ, дисплее и гра­фопостроителе, например, в виде таблиц, схем и чер­тежей.

Допустимо существование нескольких версий проект­ных решений, которые хранятся на магнитном диске и могут быть представлены в требуемом виде с помощью программного модуля документирования проектных ре­шений.

Связь между различными программными модулями проектной процедуры и взаимодействие данной проект­ной процедуры с другими происходит через общую память.

Это позволяет осуществлять интерактивный автомати­зированный процесс проектирования с сохранением множе­ства различных версий, как входных данных, так и проект­ных решений. Для выполнения требования принципа ра­циональной связи САПР с окружающей средой при про­ектировании программного обеспечения следует стре­миться к тому, чтобы список входных данных был резуль­татом предыдущих проектных процедур или модулей. Это достигается при разработке информационного обеспече­ния САПР.

6. СПЕЦИФИКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР

В комплекс средств автоматизированного проектиро­вания входит информационное обеспечение, которое пред­ставляет собой совокупность документов, описывающих стандартные проектные процедуры, типовые проектные решения, типовые элементы и комплектующие изделия, материалы и другие данные, а также файлы и блоки дан­ных на машинных носителях с записью указанных доку­ментов. Главной целью создания информационного обес­печения САПР является разработка информационной системы, позволяющей правильно и быстро решать проект­ные задачи. Это может быть достигнуто своевременной выдачей источнику запроса полной и достоверной инфор­мации для выполнения определенной части проектно-конструкторского процесса.

Основные требования к информационному обеспечению САПР следующие:

1. Наличие необходимой информации для обеспечения как автоматизированных, так и ручных процессов проек­тирования.

2. Возможность хранения и поиска информации, пред­ставляющей результат ручных и автоматизированных процессов проектирования.

3. Достаточный объем хранилищ информации. Струк­тура системы должна допускать возможность наращива­ния емкости памяти вместе с ростом объема информации, подлежащей хранению. Одновременно необходимо обес­печить компактность хранимой информации и минималь­ное изнашивание носителей информации.

4. Достаточное быстродействие системы информацион­ного обеспечения.

5. Возможность быстрого внесения изменений и кор­ректировки информации, доведения этих изменений до потребителя, а также получение твердой копии документа.

При создании информационного обеспечения САПР основная проблема заключается в преобразовании инфор­мации, необходимой для выполнения проектно-конструкторских работ над определенным классом объектов, в фор­му, приемлемую и наиболее рациональную для машинной обработки, и выводе информации на ЭВМ в виде, удобном для восприятия человеком.

Множество данных, которые потенциально могут ис­пользоваться при функционировании САПР или служить запоминаемым результатом ее работы, образуют информа­ционную базу данных (БД) системы. Типовыми группами данных информационного обеспечения автоматизирован­ного проектирования являются классификаторы и таблицы соответствия для них, научно-техническая и расчетно-проектная (оперативная) информация.

 *Информационная база*

 *Информационная система*

 *Интерфейс*

 *Проектные модули*

 *(программы)*

 *Пользователи САПР*

 *(конструкторы)*

Рис. 3 Схема информационного обеспечения САПР

Информационное обеспечение САПР можно предста­вить в виде схемы (рис. 3), из которой видно, какое место занимает база данных, и каково взаимодействие информа­ционной системы с проектными модулями. Это взаимодей­ствие осуществляется через специально организуемый интерфейс, который защищает проектные программные модули от влияния специфики программной реализации информационной системы, поддерживая тем самым неза­висимость проектных операций от вида представления информации в базе данных, В функции этого интерфейса входит также согласование и сопряжение информационной системы и проектных модулей по форматам записей (инфор­мационный аспект), по колам и обозначениям данных (со­держательный аспект), и по программным средствам, язы­кам программирования и т. п. (программный аспект).

Сложность разработки базы данных обусловлена тем, что формирование ее структуры возможно только после разработки алгоритмов проектирования. Степень разра­ботки алгоритмов должна быть доведена до машинной реа­лизации, так как структура базы данных должна учиты­вать специфику процесса автоматизированного проекти­рования. Но для разработки пакета прикладных программ (ППП) необходимы сведения о структуре базы данных. Следовательно, информационное обеспечение и специаль­ное программное обеспечение САПР должны создаваться параллельно.

Информация, используемая при проектировании, может быть разделена на статическую и динамическую (рис. 4).

Администратор

базы данных

База данных

Статическая информация Динамическая информация

Справочные Данные Промежуточные Результаты

 данные Т3 данные проектирования

ППП1 ППП2 ……… ПППi ………… ПППn

ПРОЕКТИРОВЩИК

Рис. 4. Схема информационных потоков в САПР

Статическая информация характеризуется сравнительно редкими изменениями. К этой информации следует отнести данные ТЗ на проектирование и справочные данные, имеющие большой объем. Формирование, загрузка и кор­ректировка справочных данных осуществляется исключи­тельно администратором базы данных, т. е. системным программистом, формирующим базу данных. Администра­тор базы данных поддерживает непосредственный контакт со службой нормализации и стандартизации проектной организации. Объем данных ТЗ на проектируемый объект значительно меньше объема справочных данных, но круг лиц, имеющих право вносить изменения в ТЗ, должен быть еще более ограничен, чем круг лиц, имеющих право кор­ректировать справочные данные.

Динамическая информация состоит из данных, накап­ливаемых для выполнения определенных операции проектирования (промежуточные данные), и данных, представ­ляющих собой результат проектирования при выполнении данных операций (на рис. 72 проектные операции показаны в виде прямоугольников, обозначенных ППП1*,* ППП2*, ... ,* ПППi, ... , ПППn,). Промежуточные данные постоянно меняются при функционировании САПР. Вносить изме­нения в варианты проектных решений имеет право только конструктор-исполнитель и его руководитель.

Информация, используемая при проектировании, по виду ее представления может быть подразделена на доку­ментальную, иконографическую и фактографическую. Документальная информация — это метаинформация. Она представляет собой поисковый образ документа, находя­щегося в базе данных. При необходимости может быть выдана совокупность документов, удовлетворяющих поис­ковому образу. В САПР информация такого вида широко используется для нахождения сведений об аналогах объек­та проектирования, о патентах и авторских свидетель­ствах, методике проектирования и расчетов, результатах испытания и т. п.

Информация, которая содержится в изображениях документов (чертежи, фотографии и т. д.), в идентичной форме представления называется иконографической. Для ее хранения используют специальные носители (микро­фиши, рулонные микрофильмы, магнитные ленты видео­записей и т. д.). В современных САПР этот вид информации служит для хранения больших объемов графической ин­формации, поиск которой может осуществляться с по­мощью сопровождающей ее документальной информации.

Основу базы данных САПР составляет фактографиче­ская информация. Она представляет собой числовые и буквенные справочные данные о материалах, ценах, комп­лектующих изделиях, о спроектированных в САПР объек­тах и т. п. Сюда же относятся данные, необходимые для выполнения расчетов: коэффициенты, таблицы, аппрокси­мированные графические зависимости и т. д.

В настоящее время различают два вида автоматизиро­ванных информационных систем САПР — банки данных и информационно-поисковые системы (ИПС). Эти системы различаются видом хранимой и обрабатываемой информа­ции и информационным языком, с помощью которого осу­ществляется описание данных и манипуляции с ними. Эти различия накладывают определенные ограничения на ор­ганизацию информации в системе (структуры данных, форматы, связи, доступ и т. д.) и на программную реали­зацию.

Функционирование информационной системы обеспе­чивается программно-техническими средствами (машинная организация) и средствами внемашинной организации.

Программно-технические средства информационных систем — это, как правило, специальные ППП, которые обеспечивают накопление (ввод, изменения, модификацию), хранение и поиск информации.

К средствам внемашинной организации данных в ин­формационных системах относятся:

система классификации и кодирования информации;

система ведения информационных массивов (входные формы и таблицы, оперативные документы на изменение информации и т. д.);

методические инструментальные материалы для "систем­ного персонала (службы администрации).

Проектирование, организацию функционирования и развитие информационной системы обеспечивает систем­ный персонал.

В информационно-поисковых системах САПР хранится и обрабатывается, как правило, документальная инфор­мация. Информационный язык в ИПС — это ограничен­ный (нормированный) естественный язык, с помощью которого описывают содержание документальных источ­ников информации (статей, книг, стандартов и т. д.) в виде набора понятий, отражающих основное содержание доку­ментов.

В информационно-поисковых системах ППП не имеет специального названия, и говорят о ППП для ИПС.

Единицей хранения информации в ИПС является опи­сание конкретного документа. Прообразами накапливае­мых в системе описаний документов служат некоторые внешние первичные документы, содержащие информацию, используемую в процессе автоматизированного проекти­рования. Такими первичными документами могут быть отчеты по научным и конструкторским работам, патенты, справочники, статьи, каталоги и т. д.

С точки зрения пользователя, каждое описание доку­мента представляет собой краткую библиографию источ­ника информации (автор, заглавие, название источника, год выпуска, издательство, аннотация или реферат).

Для обеспечения взаимодействия пользователей и ИПС служит нормативный (фиксированный) словарь понятий, с помощью которого можно описывать содержание, как документов, так и запросов. Такой словарь называется тезаурусом. Тезаурус является моделью системы понятий предметной области. Поэтому документ, записанный в па­мять ЭВМ, кроме библиографии, имеет поисковые признаки или поисковый образ, который составляется по определен­ным правилам с помощью понятий тезауруса. Запросы к системе формулируются также с помощью тезауруса по определенным правилам. Совокупность правил перевода с естественного языка на язык системы, и тезаурус образуют информационно-поисковый язык системы.

Совокупность документов в памяти ЭВМ образует по­следовательный массив (файл). Поиск информации в сис­теме осуществляется путем сравнения понятий поискового образа документа и понятий запроса. При их полном или частичном совпадении (в зависимости от критерия выдачи) документ считается релевантным, т. е. соответствующим запросу.

Но при такой последовательной организации информа­ции поиск и сравнение со всеми поисковыми образами заняли бы много времени. Для более эффективной органи­зации информации в систему вводят инверсный (поиско­вый) массив, в котором каждому понятию тезауруса поставлен в соответствие набор номеров документов, в которых это понятие встречается.

К функциям ППП для ИПС относятся:

* ведение и использование информационно-поискового языка;
* ввод, накопление и изменение информации;
* поддержка инверсного массива;
* поиск и выдача информации по запросам.

ИПС описанного выше типа называются документаль­ными ИПС.

Существует ИПС фактографического типа. Они отли­чаются тем, что в них хранение и поиск осуществляется не по набору понятий, а по набору признаков каких-либо объектов, т. е. кроме тезауруса в системе предусмотрен еще и специальный классификатор признаков объектов. ИПС фактографического типа более близки по своей орга­низации к банкам данных.

Наиболее высокой формой организации информацион­ного обеспечения больших САПР являются банки данных. Они представляют собой проблемно-ориентированные ин­формационно-справочные системы, которые обеспечивают ввод необходимой информации, автономное от конкретных задачведениеи сохранение информационных массивов, и выдачу необходимой информации по запросу пользователя или программы.

В банках данных используется информация фактогра­фического вида. Информационный язык — совокупность двух языков: языка описания структуры данных и языка манипулирования данными. Пакетом прикладных про­грамм этих информационных систем является система управления базами данных (СУБД), которая обеспечивает работу с информационной базой, организованной в виде структуры данных. По этой заранее сформированной структуре (модели) данных производится их описание, хранение и поиск.

В СУБД описание структуры информации принято на­зывать схемой. В зависимости от уровня представления информации различают следующие типы схем:

* концептуальный (общее представление об информа­ционной базе предметной области);
* внешний (представление нн4юрмации со стороны поль­зователей или задач; при большом числе задач их пред­ставления могут пересекаться); внешних схем бывает несколько;
* внутренний (представление информации в базе данных, т. е. на физических носителях — магнитных дисках).

Среди всех перечисленных уровней представления ин­формации концептуальный уровень занимает особое место. Он связывает внешний уровень с внутренним и обеспечи­вает их относительную независимость, т. е. возможность изменения внешней схемы при неизменной внутренней и наоборот. Роль концептуального уровня состоит, прежде всего, в том, что на нем отображается та часть общей информационной базы, которая должна быть представлена в виде базы данных. Концептуальный уровень обеспечи­вает независимость СУБД от конкретного вида ЭВМ. Формализованное описание информационной базы на концептуальном уровне, как правило, осуществляется в терминах конкретной СУБД.

Но на начальном этапе проектирования информацион­ной базы еще неизвестно, какая СУБД удовлетворяет требованиям создаваемого банка данных. Поэтому вво­дится дополнительный уровень, на котором можно было бы задать описание предметной области, не касаясь вопро­сов реализации, т. е. использования конкретной СУБД. Его называют информационно-логическим (инфологическим). Общая схема отображения уровней информации представлена на рис. 5.

 В рамках конкретной СУБД

 Информационное Информационная Концептуальная Внутренняя

 пространство модель модель модель

 Внешняя Внешняя

модель 1 модель 2 **. . . . . .** Рис. 5 Схема отображения уровней информации при

 проектировании банков данных

Информационно-логическая модель определяет инфор­мационные потребности проектируемой системы и харак­теристики информационной базы.

СУБД выполняет следующие основные функции:

* определение баз данных (т. е. описание концептуаль­ного, внешнего и внутреннего уровней схем);
* запись данных в базу;
* организацию хранения данных (изменение, дополне­ние, реорганизация данных);
* представление доступа к данным (поиск и выдача дан­ных).

Дополнительные функции (диалог, многопользователь­ский режим и т. д.) могут быть реализованы в виде пакетов программ окружения СУБД.

Для определения данных и доступа к ним в СУБД имеются языковые средства (специальные языки). Так, определение данных (описание концептуальной, внутрен­ней и внешней структур) обеспечивается с помощью языка определения данных. Функции доступа к данным реали­зуются с помощью языка манипулирования данными и языка запросов.

По типу поддерживаемых структур различают следую­щие виды СУБД: иерархический, сетевой и реляционный.