

Лекция 7 Стадии создания САПР

План:

1 Исследование и обоснование создания САПР

2 Техническое задание

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 основных стадий:

- исследование и обоснование создания САПР (ИОС),
- техническое задание, техническое предложение (ТЗ),
- эскизный проект (ЭП),
- технический проект (ТП),
- рабочий проект (РП),
- изготовление (И),
- отладка и испытание (ОИ),
- ввод в действие (ВД).

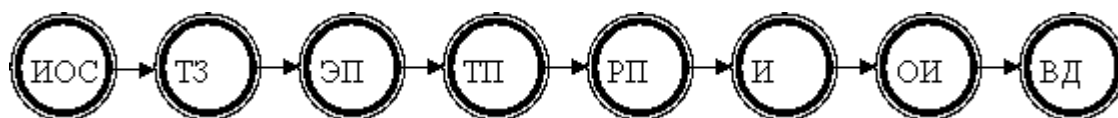


Рисунок 1- Структура процесса создания САПР

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

1 Исследование и обоснование создания САПР.

Работы на данной стадии выполняются в два этапа:

- 1) предпроектное исследование;
- 2) разработка и оформление предварительных требований к системе.

Этап 1. Обследование проектной организации.

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 системы и уровень организации этих работ;
- психологическая подготовленность коллектива к внедрению САПР.

Порядок выполнения работ по обследованию проектной организации состоит из 5 этапов. 1-4 этапа проводятся в основном специалистами в предметной области системы проектирования. Работы 5-го этапа по обоснованию решения о создании САПР и по формированию требований к системе.



Рисунок 2 - Работы 5-го этапа

1. Оценка эффективности функционирования и выявление проблем проектной организации. Эта работа базируется на анализе тенденций изменения показателей эффективности этой организации в сопоставлении с перспективными планами развития их уровня, а также на предварительном анализе внешних и внутренних причин несоответствия системы проектирования предъявляемым к ней требованиям. В результате этой работы формируются возможные направления совершенствования системы проектирования, например: изменение структуры организации, организационных форм выполнения процесса проектирования и принципов управления этим процессом; изменение методологии проектирования, в том числе расширение области применения типовых проектных решений и процедур; переход к автоматизированному проектированию или развитие области его применения.

Как правило, эти, а возможно и другие направления рассматриваются не как альтернативные, но как взаимодополняющие решения. Для каждого из направлений должен быть определен ожидаемый результат от внедрения соответствующих изменений. Автоматизация проектирования может приводить к улучшению прежде всего таких показателей деятельности проектных организаций, как номенклатура объектов проектирования и объем проектных работ; качество и научно-технический уровень результатов проектирования; затраты на проектирование и смену номенклатуры объектов проектирования.

2. Выявление и описание существующей системы проектирования. В результате проведения данной работы необходимо получить целостное представление о системе проектирования, включая в первую очередь морфологический (организационный), функциональный и технологический аспекты. В отличие от предыдущей, эта работа базируется на детальной информации об отношениях между объектами, процессами, видами обеспечения проектирования и проектировщиками. Для каждого из рассматриваемых процессов проектирования дается оценка реально достигнутого уровня его результатов. Таким же образом оцениваются отдельные этапы процесса, т. е. проектные процедуры и операции. Кроме этих оценок, описание этапов должно содержать информацию об основных параметрах выполняемых проектных операций, необходимую для последующего диагностического анализа, в том числе:

- состав и объемы исходных данных для выполнения операции, количество их источников, трудоемкость получения, качество получаемой информации — полнота, избыточность, достоверность, актуальность и т. п.;
- трудоемкость работ по расчету и моделированию параметров объектов проектирования, выполнению графических и геометрических построений, а также рутинных работ, например по подготовке и оформлению проектной документации;
- характеристики сложности процедур генерации альтернативных вариантов проектных решений и выбора лучшего варианта;
- состав и квалификацию проектировщиков. Для выполняемых операций указываются используемые методы и средства. Все параметры и характеристики процессов проектирования должны рассматриваться с учетом тенденций их развития.

3. **Диагностический анализ системы проектирования.** Эта работа выполняется для уточнения и конкретизации причин несоответствия системы проектирования предъявляемым требованиям. В отличие от работы 1 здесь возможен не только качественный, но и количественный анализ.

Сложность исследуемой системы вызывает необходимость ее декомпозиции. Сначала выделяется подмножество критичных процессов, т. е. таких, которые в наибольшей степени влияют на эффективность всей системы проектирования. Для каждого из этих процессов формируется множество аспектов анализа — прообразов показателей деятельности проектной организации, подлежащих улучшению. По каждому аспекту выполняется укрупненный анализ, устанавливающий зависимость характеристик процесса в целом от характеристик его отдельных этапов (проектных операций). По результатам анализа выделяются критичные операции (узкие места процесса). Наконец, каждая выделенная операция детально анализируется — исследуются зависимости характеристик операции от ее параметров, описывающих функцию (содержание) этой операции, методы и средства ее выполнения, а также используемую в ней информацию. Результатом является установление конкретных причин неудовлетворительного уровня характеристик операции и определение действенных способов их устранения.

Полученные частные выводы обобщаются с учетом взаимовлияния процессов, пересекающихся на общих элементах организационной структуры системы проектирования. Результаты диагностического анализа служат основой для разработки стратегии улучшения деятельности проектной организации.

В общем случае такая стратегия является комплексной, базирующейся на применении совокупности различных методов и средств.

4. **Формирование предложений по новой системе проектирования.** Эта работа должна выполняться до выбора конкретных путей автоматизации, так как в новых условиях место и роль автоматизации могут существенно измениться. Новая система проектирования подвергается анализу, аналогичному изложенному выше. Отличие заключается в том, что исследуются описания не существующей, а будущей системы. Поэтому для определения ее параметров и характеристик должны широко использоваться методы моделирования.

5. **Обоснование и принятие решения о создании САПР.** Это — одна из наиболее ответственных работ во всем жизненном цикле САПР. В процессе ее проведения определяются ожидаемые результаты (эффект) автоматизации; анализируется принципиальная возможность создания САПР, обеспечивающей получение этих результатов в условиях конкретной проектной организации, и оцениваются затраты на создание, функционирование и развитие автоматизированной системы; формируется состав проектных процедур и операций, подлежащих автоматизации (функций САПР), в том числе при создании первой и последующих очередей системы.

На основе оценки показателей эффективности автоматизации принимается решение о целесообразности создания САПР, являющееся итогом этапа обследования проектной организации и выполняется расчет экономической эффективности автоматизации проектирования.

Этап 2. Разработка и оформление предварительных требований к системе.

Этот этап является завершающим и выполняется в том случае, если принято положительное решение о целесообразности автоматизации.

Требования к системе оформляются в виде технико-экономического обоснования САПР, заявки на создание системы или тактико-технического задания. Соответствующий документ содержит обоснование целесообразности создания САПР, а также требования к системе и исходные данные для ее проектирования.

Основные разделы документа:

1. Назначение САПР, область применения и цели создания САПР.
2. Показатели эффективности САПР и требуемый уровень их значений.
3. Функциональные требования к САПР (состав автоматизируемых проектных процедур и операций).
4. Требования к качеству и регламенту выполнения функций.
5. Требования к совместимости САПР с другими автоматизируемыми системами.
6. Условия размещения и функционирования КСАП.
7. Рекомендации по включению в САПР существующих средств автоматизации и/или автоматизированных процедур.
8. Требования к срокам ввода САПР в действие и другие ограничения на процесс создания системы.
9. Описание содержания и параметров автоматизируемых проектных процедур и операций.
10. Описание основных информационных потребностей проектных процедур и пользователей САПР.
11. Объемно-временные характеристики информационных потоков в автоматизируемой системе.

2 Техническое задание.

Работы на этой стадии проводятся в три этапа, обязательным из которых является последний:

- 1) выполнение научно-исследовательской работы;
- 2) разработка аванпроекта САПР;
- 3) разработка технического задания на создание САПР

Этап 1. Выполнение научно-исследовательской работы. НИР предназначена для определения возможностей, принципов и путей автоматизации проектных процедур и операций, выявленных на стадии исследования и обоснования создания САПР.

Этап 2. Разработка аванпроекта САПР.

Целью данного этапа является завершение формирования внешнего проекта САПР, т. е. целостного описания системы проектирования в условиях автоматизации. Состав и порядок выполнения основных работ на этом этапе представлены на рис. 3

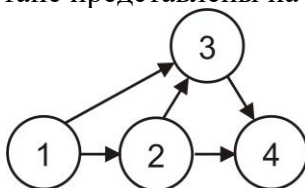


Рисунок 3 - Состав и порядок выполнения основных работ

1. **Формирование функциональных подсистем САПР.** Функциональные подсистемы САПР формируются на основе множества функций (проектных процедур и операций), выбранных для автоматизации на предыдущей стадии. Результатом этой процедуры является перечень проектирующих и обслуживающих подсистем САПР, а также структура каждой подсистемы. Элементами (компонентами) такой структуры являются комплексы задач, каждый из которых реализует логически законченную часть проектной процедуры (операции).

2. **Разработка функциональной структуры САПР.** Функциональная структура САПР представляет собой нагруженный ориентированный граф, вершины которого соответствуют функциональным подсистемам или комплексам задач, а дуги — информационным связям между ними. Вершины графа нагружаются ориентировочными значениями параметров, характеризующих потребности комплексов задач в вычислительных ресурсах, а дуги — объемно-временными характеристиками информационных потоков.

3. **Формирование функционально-топологической структуры САПР** является основной задачей на стадии ТЗ. Функционально-топологическая структура САПР есть граф топологии

системы, на который, наложена функциональная структура. Граф топологии имеет вершины двух типов: первый тип соответствует терминальным комплексам, второй тип — пунктам обработки информации. Ребра графа отображают каналы информационного обмена в САПР. Для вершин указывается конкретное место размещения соответствующих элементов КСАП, а для ребер — расстояние между ними. На стадии ТЗ допускается оставлять некоторое подмножество вершин функциональной структуры свободными, не привязывая соответствующие комплексы задач к конкретным пунктам обработки информации. Окончательное их закрепление, а также выбор типов вычислительных средств и каналов передачи данных осуществляется при разработке архитектуры системы, как правило, на следующей стадии создания САПР.

4. Разработка внешнего представления технологии автоматизированного проектирования. Эта работа заключается в описании последовательности и методики выполнения ручных и автоматизированных операций в процессе выполнения проектных процедур.

Этап 3. Разработка технического задания на создание САПР. Данный этап завершает комплекс предпроектных работ. ТЗ является документом, исходным для создания САПР и обязательным при приемке системы. Этот документ разрабатывает головной разработчик системы. ТЗ на создание САПР должно содержать следующие основные разделы:

1. **«Наименование и область применения»**, где указывают полное наименование системы и краткую характеристику области ее применения;
2. **«Основание для создания»**, где указывают наименование директивных документов, на основании которых создается САПР;
3. **«Характеристика объектов проектирования»**, где приводят сведения о назначении, составе, условиях применения объектов проектирования;
4. **«Цель и назначение»**, где перечисляют цель создания САПР, ее назначение и критерий эффективности ее функционирования;
5. **«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;
6. **«Требования к САПР»**:
 - 1) Общие требования.
 - 2) Требования к отдельным обеспечениям и компонентам;
7. **«Технико-экономические показатели»**, где оценивают затраты на создание САПР, указывают источники получения экономии и ожидаемую эффективность от применения САПР;
8. **«Стадии и этапы создания САПР»**;
9. **«Порядок испытаний и ввода в действие САПР»**;
10. **«Источники разработки»**.

Работы, проведенные на этапе аванпроекта по функционально-топологической структуре САПР и технологии автоматизированного проектирования, позволяют существенно дополнить предварительные требования к системе, в том числе характеристику процесса проектирования (раздел 5) и требования к САПР (раздел 6). Результаты этих работ также дают возможность уточнить оценку затрат на систему (раздел 7), определить этапность и организацию работ по ее созданию (раздел 8), установить порядок ввода САПР в действие (раздел 9).

Одной из важных задач при разработке ТЗ является контроль за правильностью задания требований к свойствам системы. Каждое требование должно допускать лишь однозначную интерпретацию и при испытаниях системы должна существовать возможность объективной оценки его выполнения. Требования должны быть обоснованы как «сверху», исходя из ожидаемых результатов автоматизации, так и «снизу», исходя из реальных возможностей их выполнения.

Как правило, на стадии ТЗ не удастся полностью сформулировать всесторонне обоснованные требования ко всем свойствам системы, так как для достоверной оценки их реализуемости нужна информация о проектных решениях, которая на этой стадии отсутствует. В таких случаях в ТЗ включают предварительную формулировку с примечанием: «Данное требование уточняется на стадии»... (указывается конкретная стадия и этап работ). После оценки реализуемости уточненное требование включается в документ «Дополнение к ТЗ».

Иногда оценку реализуемости основных требований к свойствам системы выполняют до разработки ТЗ. Для этого расширяют состав работ, выполняемых на этапе аванпроекта, включая в него предварительную проработку архитектуры САПР. Под архитектурой здесь понимается совокупность принципиальных решений, дающих основные представления о построении и функционировании системы. Архитектура САПР определяет основное множество ее свойств. Поэтому такой подход позволяет избежать нежелательных серьезных изменений и дополнений ТЗ, а также значительно ускорить ход дальнейших работ, совместив стадии эскизного и технического проектирования. Однако из-за увеличения сроков разработки аванпроекта решение о необходимости предварительной проработки архитектуры САПР на этой стадии принимается по согласованию с заказчиком системы.

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.