

Краткое содержание

ВВЕДЕНИЕ	9
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	11
ГЛАВА 2. ЗАДАЧИ И ВИДЫ САПР	19
ГЛАВА 3. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	29
ГЛАВА 4. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	37
ГЛАВА 5. 2D CAD «ЭЛЕКТРОННЫЙ КУЛЬМАН»	47
ГЛАВА 6. 3D CAD	55
ГЛАВА 7. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ CAD	65
ГЛАВА 8. САЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ	75
ГЛАВА 9. САМ	87
ГЛАВА 10. САПР – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА	99

ГЛАВА 11. PDM	109
ГЛАВА 12. ЭЛЕКТРОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	123
ГЛАВА 13. PLM	133
ГЛАВА 14. СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	143
ГЛАВА 15. ВЫБОР САПР	157
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	165
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	191

Содержание

Введение	9
Глава 1. Основы проектирования	11
Техническое задание на НИР и проведение НИР	13
Порядок выполнения и эффективность ОКР	14
Вопросы для самоконтроля	17
Глава 2. Задачи и виды САПР	19
Классификация САПР	24
Виды обеспечения САПР	25
Вопросы для самоконтроля	28
Глава 3. Геометрическое моделирование	29
Каркасное моделирование	30
Поверхностное моделирование	31
Твердотельное моделирование	34
Вопросы для самоконтроля	36
Глава 4. Параметрическое моделирование	37
Табличная параметризация	39
Иерархическая параметризация	40
Вариационная (размерная) параметризация	41
Геометрическая параметризация	42
Ассоциативное конструирование	43
Объектно-ориентированное конструирование	44
Вопросы для самоконтроля	46

Глава 5. 2D CAD «Электронный кульман»	47
Чертежные инструменты	48
Иерархия объектов	49
Специализированные модули	51
Клоны и аналоги AutoCAD	52
Вопросы для самоконтроля	54
Глава 6. 3D CAD	55
Редактор деталей	57
Редактор сборок	59
Генератор чертежей	61
Системы для промышленного дизайна	63
Вопросы для самоконтроля	64
Глава 7. Специализированные CAD	65
AEC CAD – архитектурно-строительные САПР	66
EDA-проектирование электронных устройств	69
Геоинформационные системы	73
Вопросы для самоконтроля	74
Глава 8. CAE инженерные расчеты	75
Метод конечных элементов	76
Моделирование кинематики	79
Аэрогидродинамические расчеты	81
Электростатика и электродинамика	84
Вопросы для самоконтроля	85
Глава 9. CAM	87
G-код	88
CAM-системы	89
Верификация и оптимизация NC-программ	90

Виды обработки	91
Вопросы для самоконтроля	96

Глава 10. САРР – технологическая

подготовка	99
Цифровое производство	103
Вопросы для самоконтроля	106

Глава 11. PDM

Функции PDM	110
Электронное хранилище документов	110
Структуризация проекта и классификаторы, классификация документов	111
Атрибуты и система поиска	112
Разграничение доступа	113
Интеграции различных CAD-систем	115
Автоматическое отслеживание и история создания и управления изменениями	116
Коллективная работа над проектом	117
Отчеты и экспорт информации	118
Управление нормативно-справочной информацией	119
Внутренняя почтовая система	120
Передача данных в ERP-системы	120
Вопросы для самоконтроля	122

Глава 12. Электронная документация

Публикация чертежей	124
Публикация трехмерных проектов	125
Технические иллюстрации	127
Интерактивные руководства	128
Вопросы для самоконтроля	132

Глава 13. PLM	133
Компоненты и составляющие PLM	136
Главные процессы PLM	138
Вопросы для самоконтроля	142
Глава 14. Специальное оборудование	143
Плоттеры	144
Быстрое прототипирование	145
Устройства ввода и указания	148
Видеоадаптеры	153
Вопросы для самоконтроля	155
Глава 15. Выбор САПР	157
Инициация процесса	159
Выяснение потенциальных преимуществ системы	159
Формализация требований к системе	160
Анализ затрат	161
Выбор системы	162
Вопросы для самоконтроля	164
Словарь терминов	165
Рекомендуемая литература	191

Введение

Если вы раньше не имели дела с САПР – эта книга для вас. Как и многие другие технические отрасли, она поначалу может показаться непонятной и избыточной аббревиатурой, в этой книге постараемся объяснить ее основы. Когда-то аббревиатура САПР обозначала системы автоматизированного проектирования, но сегодня термин САПР уже стал нарицательным, означающим всевозможные системы, автоматизирующие инженерный труд. Как всего лишь еще несколько десятилетий невозможно было представить инженера без кульмана, готовальни и логарифмической линейки, так сегодня компьютеризированное рабочее место – практически обязательный атрибут профессии. Первые САПР появились менее полувека тому назад и поначалу представляли собой действительно электронный аналог кульмана. По мере их развития использование стало массовым и обыденным. САПР находится в постоянном и очень динамичном развитии. Ежегодно выпускают новые версии существующих продуктов, появляются новые решения и целые классы систем. САПР уже не воспринимается лишь как среда проектирования, это и средство взаимодействия всех участников создания новых изделий и даже будущих потребителей. В идеале разработчики САПР стараются создать свои системы такими, чтобы они требовали минимум специальных навыков в области компьютерной техники, программирования и математического моделирования, чтобы пользователь совершенствовался в первую очередь как специалист в своей предметной области.

Книга представляет общий курс, дающий необходимый набор общих, систематизированных знаний о САПР, обеспечивающий возможность общения со специалистами, использующими САПР, формулировать постановку задач, разрабатывать САПР как цельную систему, выбирать САПР в соответствии с задачами конкретного предприятия или проекта.

Основной целью книги является ознакомление читателей с основополагающими принципами САПР, их классификацией, методами формализации процесса проектирования и конструирования, способами использования информационных технологий для автоматизации проектных, конструкторских и технологических работ. Для достижения поставленной цели описываются структуры и принципы организации процесса инженерного проектирования, дается обзор технических и программных средств САПР.

Книга последовательно описывает системы, использующиеся для автоматизации различных этапов подготовки промышленного производства, – промышленный дизайн, проектирование, конструирование, выпуск технической документации, цифровое моделирование эксплуатации и производства, сопряжение САПР с производственным оборудованием, технический документооборот, управление жизненным циклом изделия.

Книга не является учебником по использованию какой-либо конкретной САПР, напротив, в ней излагаются в первую очередь общие принципы построения САПР, иллюстрированные примерами различных систем.

Все главы дополнены освещением характерных реальных примеров реализации и использования компонентов САПР различного уровня, выполненных в разные историко-технологические периоды развития отрасли.

Книга ориентирована на три крупные целевые аудитории:

- студентов начальных курсов технических вузов, кому предстоит использовать САПР в процессе учебы и затем в ходе своей профессиональной деятельности;
- студентов старших курсов программистских специальностей, избравших своей специализацией разработку САПР-приложений;
- высший и средний управленческий персонал промышленных предприятий, по долгу службы принимающий решения о выборе и использовании САПР, контактирующий с техническими специалистами, САПР использующими.

Основы проектирования

Техническое задание на НИР и проведение НИР	13
Порядок выполнения и эффективность ОКР	14
Вопросы для самоконтроля	17

Предметом этой книги являются средства автоматизации процесса проектирования технических объектов. Прежде чем говорить непосредственно о них, необходимо описать само понятие проектирования и его место в процессе жизненного цикла объектов. Создание и использование технического объекта – сложный, многостадийный, часто итеративный процесс. В самом общем виде его можно представить диаграммой на рис. 1.1.

Собственно проектирование – в самом широком смысле процесс создания проекта, комплекса информации, описывающей прообраз предполагаемого или возможного объекта либо процесса. Проектирование в технике – комплекс мероприятий, обеспечивающих поиск технических решений, удовлетворяющих заданным требованиям, их оптимизацию и реализацию в виде комплекта конструкторских документов и опытного образца (образцов), подвергаемого циклу испытаний на соответствие требованиям технического задания.

Любое современное сложное техническое устройство есть результат комплексного знания. Проектировщик должен знать маркетинг, экономику страны и мира, физику явлений, многочисленные технические дисциплины (радиотехнику,



Рис. 1.1. Жизненный цикл изделия



Рис. 1.2. Этапы опытно-конструкторских работ

вычислительную технику, математику, машиностроение, метрологию, организацию и технологию производства и т. д.), условия эксплуатации изделия, руководящие технические документы и стандарты. Кроме того, следует учитывать: особенности и требования реальной жизни, коллектива, чужой опыт, умение получать и оценивать информацию.

Непоследним требованием к проектировщику является комплексность мышления, умение работать с большим числом организаций. Особенно это умение необходимо разработчику изделия, входящего в более сложный комплекс (например, радиостанции для судна, самолета) или связанного с другими системами (по выдаче данных, питанию, управлению и т. д.).

Зачастую полный цикл проектирования называют НИОКР (*Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы*, в английском языке передается как *Research & Development, R&D*) – комплекс мероприятий, включающий в себя как научные (дизайнерские, концептуальные и т. д.) исследования, так и производство опытных и мелкосерийных образцов продукции, предшествующий запуску нового продукта или системы в промышленное производство. Предметом приложения САПР являются опытно-конструкторские работы (ОКР), подробнее они представлены на рис. 1.2.

Разберем этапы НИОКР более детально.

Техническое задание на НИР и проведение НИР

Задачами этапа НИР (*научно-исследовательских работ*) являются: разрешение конкретных научных проблем для создания новых изделий; получение рекомендаций, инструкций, расчетно-технических материалов, методик; определение возможности проведения ОКР (опытно-конструкторских работ) по тематике НИР.

На стадии разработки технического задания на НИР используются и обрабатываются следующие виды информации:

- объект исследования;
- описание требований к объекту исследования;
- перечень функций объекта исследования общетехнического характера;
- перечень физических и других эффектов, закономерностей и теорий, которые могут быть основой принципа действия изделия;
- технические решения (в прогнозных исследованиях);
- сведения о научно-техническом потенциале исполнителя НИР;
- сведения о производственных ресурсах (применительно к объекту исследований);
- сведения о материальных ресурсах;
- маркетинговые сведения;
- данные об ожидаемом экономическом эффекте.

Дополнительно может использоваться следующая информация:

- методы решения отдельных задач и обработки информации;

- общетехнические требования (стандарты, ограничения вредных влияний, требования по надежности, ремонтпригодности, эргономике и т. д.);
- проектируемые сроки обновления продукции;
- предложения лицензий и «ноу-хау» по объекту исследований.

На последующих этапах НИР в качестве базы в основном используется уже перечисленная выше информация. Дополнительно используются:

- сведения о новых принципах действия, новых гипотезах, теориях, результатах НИР;
- данные экономической оценки, моделирования основных процессов, оптимизации многокритериальных задач, макетирования, типовых расчетов, ограничений;
- требования к информации, вводимой в информационные системы, и т. д.

По итогам выполнения НИР производятся:

- обобщение результатов предыдущих этапов работ;
- оценка полноты решения задач;
- разработка рекомендаций по дальнейшим исследованиям и проведению ОКР;
- разработка проекта ТЗ на ОКР;
- составление итогового отчета;
- приемка НИР комиссией.

Результатом НИР является достижение научного, научно-технического, экономического и социального эффектов. Научный эффект характеризуется получением новых научных знаний и отражает прирост информации, предназначенной для «внутринаучного» потребления. Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов выполняемых исследований в других НИР и ОКР и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой продукции. Экономический эффект характеризует коммерческий эффект, полученный при использовании результатов прикладных НИР. Социальный эффект проявляется в улучшении условий труда, повышении экономических характеристик, развитии культуры, здравоохранения, науки, образования.

Порядок выполнения и эффективность ОКР

После завершения прикладных НИР при условии положительных результатов экономического анализа, удовлетворяющего фирму с точки зрения ее целей, ресурсов и рыночных условий, приступают к выполнению опытно-конструкторских работ (ОКР). ОКР – важнейшее звено материализации результатов предыдущих НИР. Ее основная задача – создание комплекта конструкторской документации для серийного производства. ОКР, собственно, и является этапом проектирования изделия.

Основные этапы ОКР достаточно четко регламентируются, в частности на территории Российской Федерации – стандартом ГОСТ 15.001–88 «Система раз-

работки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения», и представляют из себя следующее:

- разработка ТЗ на ОКР;
- техническое предложение;
- эскизное проектирование;
- техническое проектирование (конструирование);
- разработка рабочей документации для изготовления и испытаний опытного образца;
- предварительные испытания опытного образца;
- государственные (ведомственные, внутрикорпоративные) испытания опытного образца;
- отработка документации по результатам испытаний.

Основные задачи и состав работ по выполнению ОКР представляют собой следующие положения:

- разработка ТЗ на ОКР;
- составление проекта ТЗ заказчиком;
- проработка проекта ТЗ исполнителем;
- установление перечня контрагентов и согласование с ними частных ТЗ;
- согласование и утверждение ТЗ.

На этом этапе важно отметить одно обстоятельство: проработка ТЗ выполняется исполнителем, а не заказчиком, как зачастую ложно представляют некоторые неспециалисты.

Техническое предложение

ТП является основанием для корректировки ТЗ и *выполнения эскизного проекта*. В ходе разработки ТП осуществляется выявление дополнительных или уточненных требований к изделию, его техническим характеристикам и показателям качества, которые не могут быть указаны в ТЗ:

- проработка результатов НИР;
- проработка результатов прогнозирования;
- изучение научно-технической информации;
- предварительные расчеты и уточнение требований ТЗ.

Эскизное проектирование

ЭП служит основанием для технического проектирования, и в его ходе производятся определение и разработка принципиальных технических решений:

- выполнение работ по этапу технического предложения, если этот этап не проводится;
- выбор элементной базы разработки;
- выбор основных технических решений;
- разработка структурных и функциональных схем изделия;
- выбор основных конструктивных элементов;
- метрологическая экспертиза проекта;
- разработка и испытание макетов.

Этап ЭП и является собственно *проектированием*, в отличие от следующего за ним этапа *технического проектирования*, который часто называют *конструированием*.

Результатом этапа является эскизный проект, который разрабатывают с целью установления принципиальных (конструктивных, схемных и др.) решений изделия, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделия, когда это целесообразно сделать до разработки технического проекта или рабочей документации.

На стадии разработки эскизного проекта рассматривают варианты изделия и (или) его составных частей. При разработке эскизного проекта выполняют работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию требований и позволяющие установить принципиальные решения.

Техническое проектирование

Технический проект разрабатывают с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия, когда это целесообразно сделать до разработки рабочей документации. Задачей ТП является окончательный выбор технических решений по изделию в целом и его составным частям:

- разработка принципиальных электрических, кинематических, гидравлических и других схем;
- уточнение основных параметров изделия;
- проведение конструктивной компоновки изделия и выдача данных для его размещения на объекте;
- разработка проектов технических условий (ТУ) на поставку и изготовление изделия;
- испытание макетов основных приборов изделия в натуральных условиях.

При необходимости технический проект может предусматривать разработку вариантов отдельных составных частей изделия. В этих случаях выбор оптимального варианта осуществляется на основании результатов испытаний опытных образцов изделия.

Существуют два принципиально различающихся метода проектирования – «снизу вверх» и «сверху вниз». При проектировании «снизу вверх» конструкция создается аналогично процессу сборки из отдельных деталей и комплектующих, то есть предварительно созданные проекты деталей объединяются в единую конструкцию. При работе в стиле «сверху вниз» сначала создается проект общего вида изделия, затем он последовательно наполняется детализированными проектами его элементов.

При разработке технического проекта выполняют работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию требований и позволяющие получить полное представление о конструкции разрабатываемого изделия, оценить его соответствие требованиям технического задания, технологичность, степень сложности изготовления, способы упаковки, возможности транспортирования и монтажа на месте применения, удобство эксплуатации, целесообразность и возможность ремонта и т. п.

На стадии технического проекта не повторяют работ, проведенных на предыдущих стадиях, если они не могут дать дополнительных данных. Напротив, при разработке технического проекта могут быть использованы отдельные документы, разработанные на предыдущих стадиях, если эти документы соответствуют требованиям, предъявляемым к документам технического проекта, или если в них внесены изменения с целью обеспечения такого соответствия. Завершается техническое проектирование этапом выпуска рабочей документации.

Рабочая документация

Изначально производится разработка рабочей документации для изготовления и испытания опытного образца, формирование комплекта конструкторских документов в следующей последовательности:

- разработка полного комплекта рабочей документации;
- согласование ее с заказчиком и заводом – изготовителем серийной продукции;
- проверка конструкторской документации на унификацию и стандартизацию;
- изготовление в опытном производстве опытного образца;
- настройка и комплексная регулировка опытного образца.

Испытания и доводка

Предварительные испытания проводятся с целью проверки соответствия опытного образца требованиям ТЗ и определения возможности его предъявления на окончательные (государственные, ведомственные или внутрикорпоративные) испытания. Предварительные испытания включают в себя:

- стендовые испытания;
- предварительные испытания на объекте;
- испытания на надежность.

Окончательные испытания проводят с целью оценки соответствия требованиям ТЗ и возможности организации серийного производства. После отработки документации по результатам серийных испытаний и внесения необходимых уточнений и изменений в рабочую документацию она передается на производство заводу-изготовителю. На этом проектный цикл завершается, и начинается производственный.

Вопросы для самоконтроля

1. В каком порядке выполняются следующие этапы по проектированию технических объектов:
 - опытно-конструкторская работа;
 - изготовление опытных образцов;
 - научно-исследовательская работа;
 - испытания и приемка;
 - разработка технической документации.

2. В чем суть проектирования методами «сверху вниз» и «снизу вверх»?
3. Кем разрабатывается ТЗ на ОКР и почему?
4. Какой этап предшествует техническому проектированию?
5. Назовите основные этапы опытно-конструкторских работ.

Задачи и виды САПР

Классификация САПР	24
Виды обеспечения САПР	25
Вопросы для самоконтроля	28

Средства автоматизации проектирования имеют своей задачей повышение эффективности труда инженеров. При создании любой технической системы необходимо стремиться к экономии трех категорий трудовых затрат: прошлого, или овеществленного, труда; настоящего, или живого, труда; будущего труда, связанного с развитием системы. Основной целью создания систем компьютеризации инженерной деятельности является экономия живого труда проектировщиков, конструкторов, технологов, инженеров-менеджеров для повышения эффективности процесса проектирования и планирования, а также для улучшения качества результатов этой деятельности.

Однако экономия живого труда инженеров должна достигаться не любой ценой, а с учетом необходимости экономии труда, вложенного в программные средства ее разработчиками. Кроме того, каждая система имеет определенный жизненный цикл возникновения, развития и снятия с эксплуатации. Поэтому необходимо учитывать трудовые затраты и на последующее (после создания) внедрение и совершенствование системы.

Проводя аналогию с материальным производством, можно сказать, что в области автоматизации инженерного труда имеется основное производство, связанное с разработкой конструкторских и технологических проектов, а также планов управления, и вспомогательное производство, связанное с созданием и сопровождением собственно программных средств.

В этой связи цели компьютеризации инженерной деятельности следует разбить на две группы: основные и вспомогательные.

Основные цели связаны с сокращением трудоемкости проектирования и планирования, а также их себестоимости, длительности цикла «проектирование – изготовление» затрат на натурное моделирование проектируемых объектов (рис. 2.1).

Трудоемкость измеряется чистым временем, традиционно в человеко-часах, затрачиваемым на разработку и корректировку технической документации, без учета ожиданий по организационно-техническим причинам. Как следует из диаграммы, для сокращения трудоемкости необходимо располагать средствами автоматизации оформления графической и текстовой документации, средствами информационной поддержки и автоматизации принятия решений.

Длительность цикла измеряется календарным временем от получения задания до его завершения с учетом всех ожиданий по организационно-техническим причинам. Сокращение длительности цикла «проектирование – изготовление» обеспечивается с помощью средств совмещенного проектирования и виртуальных бюро.

Концепция *виртуального бюро* появилась относительно недавно. Виртуальное бюро представляет собой организационно-техническую структуру, способную обеспечивать совместную работу бригады специалистов, разнесенных географически и во времени, чье объединение может носить временный характер. Виртуальное бюро может быть распределено в нескольких местах, которые могут находиться в различных странах и даже континентах и включать участников из разных временных поясов. Бригады специалистов объединяются в виртуальное бюро с целью создания новых изделий. Концепция виртуального бюро возникла



Рис. 2.1. Основные цели и методы автоматизации проектирования

в ответ на потребности развития современной глобальной рыночной экономики и новых возможностей высокоэффективных информационных технологий. Здесь можно выделить несколько ключевых факторов.

- Необходимость резкого сокращения длительности цикла от замысла изделия до выпуска его на рынок приводит к созданию бригад инженеров, обеспечивающих реализацию всех этапов жизненного цикла изделия совместно. Поддержка работы таких междисциплинарных бригад требует новой информационной технологии.
- Обеспечение соответствия изделия всем требованиям потенциальных потребителей и сокращения до минимума времени подготовки производства требует подключения к процессу проектирования как потребителей, так и поставщиков комплектующих. При этом нецелесообразно собирать в одном месте конструкторов комплектующих изделий, системных интеграторов и потребителей.
- Необходимость учета местных условий приводит к целесообразности привлечения проектировщиков, работающих в условиях рынка, для которого предназначается изделие. При этом нецелесообразно их перемещать для работы над проектом в другое место.
- Не всегда возможно найти высококвалифицированных специалистов разного профиля в одном месте.

Сокращение себестоимости проектирования достигается за счет использования ранее созданных и унифицированных проектных и конструкторских решений, которые могут быть собраны в библиотеки и базы знаний. Таким же образом обеспечивается создание вариантов и модификаций изделий.

Улучшение качества результатов проектирования относится к основным целям компьютеризации инженерной деятельности и связано с необходимостью достижения уровня лучших образцов в классе проектируемых объектов. Улучшение качества проектов достигается использованием автоматизированного поискового и многовариантного проектирования, применением математических методов оптимизации параметров и структуры объектов и процессов.

Уровень изделий определяется существенными признаками, свойствами, структурами или функциями их как технических систем. Наиболее современным методом оптимизации является применение генетических алгоритмов, позволяющих проводить как структурную, так и параметрическую оптимизацию изделий при произвольном виде критериальной функции.

Унификация проектных решений выполняется за счет адаптированных к условиям каждого предприятия баз данных и знаний.

Стратегическое проектирование – это метод создания и ведения долгосрочных проектных программ, начинающихся с разработки базового изделия, которое затем подвергается постепенным модификациям и усовершенствованиям с целью удовлетворения текущих и учета будущих требований пользователей в течение длительного периода времени. Сущность стратегического проектирования заключается в постоянном отборе и оценке концепций (прежде всего определяющих архитектуру и технологии изготовления) с целью поиска решений, обеспечи-

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru