

# Учебная дисциплина «Основы автоматизированного проектирования»

Курс:   2  

Семестр(ы):   4  

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану:   3   ЗЕ

- часов по рабочему учебному плану:  108  ч

Виды контроля:

Экзамен: - нет Зачёт: - 4

Курсовой проект: - нет Курсовая работа: - нет

## Содержание разделов и тем учебной дисциплины:

- **Введение.** Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Основные задачи автоматизации конструирования. Обзор средств САПР применительно к задачам прикладной механики. Использование современных САПР в проектно-конструкторских бюро. Вопросы интеграции САПР с автоматизированными системами управления.
- **Модуль 1. Использование системы автоматизированного проектирования КОМПАС для подготовки проектно-конструкторской документации. 2-D моделирование.**
- **Тема 1.** Использование системы автоматизированного проектирования КОМПАС для подготовки проектно-конструкторской документации. Общие сведения о КОМПАС-ГРАФИК Основные понятия. Основные элементы интерфейса. Основные типы документов. Единицы измерений и системы координат в Компас-График Использование глобальных привязок. Использование локальных привязок Создание и использование видов. Управление состоянием видов. Создание нового вида. Изменение параметров вида.
- **Тема 2.** 2D-моделирование. Создание геометрических объектов. Ввод текста. Создание таблиц. Основные приемы работы. Простановка размеров. Ввод технологических обозначений. Обозначение линии разреза. Обозначение видов. Выделение объектов. Редактирование изображений Построение эквидистанты. Создание макроэлементов.

- **Модуль 2. Создание сборочных чертежей и чертежей детализировок. Работа с библиотеками. Специальные задачи конструктора. Использование параметрических возможностей КОМПАС.**
- **Тема 3.** Создание сборочных чертежей и чертежей детализировок.
- **Тема 4.** Работа с библиотеками Создание спецификации в ручном и полуавтоматическом режиме. Специальные задачи конструктора. Создание пользовательских библиотек.
- **Тема 5.** Использование параметрических возможностей КОМПАС. Особенности параметрического черчения. Использование переменных и выражений.
  
- **Модуль 3. Трехмерное твердотельное моделирование.**
- **Тема 6.** Трехмерное твердотельное моделирование. Основы моделирования в КОМПАС 3D. Основные принципы моделирования. Основные термины и понятия.
- **Тема 7.** Создание ассоциативного чертежа. Создание и настройка чертежа. Структура чертежа. Управление видами.
- **Тема 8.** Основы редактирования 3D-модели. Оптимальные технологии моделирования.
- **Тема 9.** Построение модели сборки. Сопряжения компонентов сборки. Формообразующие операции в сборке.
- **Тема 10.** Настройка и сервисные возможности КОМПАС 3D. Измерения и расчет МЦХ. Экспорт и импорт моделей.

## Проектирование. Виды проектирования

Проектирование – это комплекс работ по исследованию, расчетам и конструированию нового изделия или нового процесса. В основе проектирования лежит первичное описание – техническое задание.



**Неавтоматизированное проектирование** - процесс проектирования, осуществляемый человеком вручную (без использования ЭВМ).

**Автоматизированное проектирование** - проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ.

**Автоматическое проектирование** - проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и алгоритма его функционирования осуществляются без участия человека. Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных случаях для сравнительно несложных объектов.

## САПР: понятие, цели, функции, возможности

САПР – организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации (отдела) и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования (КСАП).

Основная функция САПР - выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

Основная цель применения САПР – повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращение трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращение сроков проектирования;
- сокращение себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращение затрат на натурное моделирование и испытания.

## Возможности САПР

Эффективность применения САПР обеспечивается следующими ее возможностями:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования (использование готовых фрагментов чертежей: конструктивных и геометрических элементов, унифицированных конструкций, стандартных изделий);
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

## Подходы к проектированию

### Двухмерная геометрическая модель

- Создается чертеж, который служит средством графического представления изделия, содержащего информацию для решения графических задач, а также для изготовления изделия. Использование вычислительной техники облегчает оформление конструкторских документов, насыщенных изображениями стандартных, типовых, унифицированных составных частей, (например, электрических и других принципиальных, функциональных схем, печатных плат, модулей, приборов, электронных блоков, стоек, шкафов, пультов и т.д.); разработку текстовых документов (спецификаций, перечней элементов и др.).

### Пространственная геометрическая модель

- Является более наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом для решения геометрических задач. Чертеж в этих условиях играет вспомогательную роль, а методы его создания основаны на методах компьютерной графики, методах отображения пространственной модели.



## Зарубежная классификация САПР

CAD = автоматизированное проектирование

САПР = CAD system, Automated design system, CAE system

### Классификация по отраслевому назначению:

- MCAD (англ. *mechanical computer-aided design*) – автоматизированное проектирование механических устройств. Это машиностроительные САПР, применяются в автомобилестроение, судостроении, авиакосмической промышленности, производстве товаров народного потребления, включают в себя разработку деталей и сборок (механизмов) с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС, CATIA);
- EDA (англ. *electronic design automation*) или ECAD (англ. *electronic computer-aided design*) – САПР электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п., (Altium Designer, OrCAD);
- AEC CAD (англ. *architecture, engineering and construction computer-aided design*) или CAAD (англ. *computer-aided architectural design*) – САПР в области архитектуры и строительства. Используются для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и проч. (Autodesk Architectural Desktop, Piranesi, ArchiCAD).



## Зарубежная классификация САПР

По целевому назначению различают САПР:

- CAD (англ. *computer-aided design/drafting*) – средства автоматизированного проектирования; термин обозначает средства САПР, предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации и создания цифровой модели изделия. САПР конструктора.
  - CADD (англ. *computer-aided design and drafting*) – проектирование и создание чертежей.
  - CAGD (англ. *computer-aided geometric design*) – геометрическое моделирование.
- CAE (англ. *computer-aided engineering*) – средства автоматизации инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов. Осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий; решают задачи прочностного анализа, теплофизических и гидродинамических расчетов, анализа пластической деформации и механического анализа (моделирование и прогнозирование поведения и движения механических систем) и др.
  - CAA (англ. *computer-aided analysis*) – подкласс средств CAE, используемых для компьютерного анализа.
- CAM (англ. *computer-aided manufacturing*) – средства технологической подготовки производства изделий, обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудованием с ЧПУ или ГАПС. САПР технолога. Русский аналог термина – АСТПП – автоматизированная система технологической подготовки производства.
- CAPP (англ. *computer-aided process planning*) – средства автоматизации планирования технологических процессов применяемые на стыке систем CAD и CAM.

# Состав и структура САПР

## Виды подсистем по назначению:

### Проектирующие (функциональные)

- Реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач. Выполняют проектные процедуры используя все средства обслуживающих подсистем.

### Обслуживающие

- Имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, оформление, передачу и выдачу полученных результатов. Объектно-независимые подсистемы, реализующие функции, общие для подсистем или САПР

## Примеры проектирующих подсистем:

- подсистема эскизного проектирования;
- подсистема проектирования корпусных деталей;
- подсистема проектирования технологических процессов механической обработки;
- подсистема проектирования сборочных единиц;
- подсистема проектирования деталей;
- подсистема проектирования схемы управления;
- геометрического трехмерного моделирования механических объектов;
- подсистема технологического проектирования.

## Примеры обслуживающих подсистем:

- автоматизированный банк данных;
- подсистема документирования;
- подсистема графического ввода/вывода;
- подсистемы управления проектными данными;
- обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

## Состав и структура САПР: проектирующие подсистемы

### Виды проектирующих подсистем по функциональному значению:

#### ФП1

- поиск аналогов (проводится поиск в БД конструкторской документации известных проектных решений, аналогов изделия (проекта));

#### ФП2

- инженерный синтез (при необходимости проводится создание новой конструкции изделия);

#### ФП3

- инженерный анализ (проводится анализ разработки на соответствие заданным требованиям);

#### ФП4

- формирование и ведение проектной документации.

### Виды проектирующих подсистем по отношению к объекту проектирования:

#### Объектные (объектно-ориентированные)

- выполняют одну или несколько проектных процедур или операций, непосредственно зависящих от конкретного объекта проектирования.

#### Инвариантные (объектно-независимые)

- выполняют унифицированные проектные процедуры и операции, имеющие смысл для многих типов объектов проектирования.



## Состав и структура САПР: виды обеспечения

Подсистемы состоят из **компонентов** (наименьших неделимых элементов, выполняющих определённую функцию), обеспечивающих функционирование подсистемы. Совокупность однотипных компонентов образует **средство обеспечения САПР**.

### Виды обеспечения САПР:

#### Программное

- Совокупность всех программ и эксплуатационной документации.

#### Информационное

- Данные, используемые проектировщиками непосредственно для выработки проектных решений в процессе проектирования.

#### Методическое

- Документы, регламентирующие порядок эксплуатации, описание технологии функционирования САПР, технологических приемов.

#### Математическое

- Математические методы, модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач проектирования.

#### Лингвистическое

- Языки проектирования, представляющие объекты, процессы, средства проектирования и диалог проектировщик-компьютер.

#### Техническое

- Совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, обеспечивающих процесс проектирования.

#### Организационное

- Совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, деятельность САПР.

## Виды обеспечения САПР: программное обеспечение

**Программное обеспечение** – совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования.



Предназначено для организации функционирования технических средств, т. е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов (операционные системы).

Реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Включает пакеты прикладных программ, предназначенные для обслуживания определенных этапов проектирования или решения групп однотипных задач внутри различных этапов (модуль проектирования трубопроводов, пакет схемотехнического моделирования, геометрический решатель САПР)

## Виды обеспечения САПР: информационное, методическое обеспечение

**Информационное обеспечение** – данные, которыми пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для выработки проектных решений. Данные могут быть представлены в виде документов на различных носителях, содержащих сведения справочного характера о материалах, параметрах элементов, сведения о состоянии текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений.

Основной формой реализации, компонентов информационного обеспечения являются БД в распределенной или централизованной форме. Совокупность БД САПР должна удовлетворять принципу информационного единства, т. е. использовать термины, символы, классификаторы, условные обозначения, способы представления данных, принятые в САПР объектов конкретных видов.

Создание, поддержка и использование БД, а также взаимосвязь между информацией в БД и обрабатывающими ее программными модулями осуществляется системой управления базами данных (СУБД), являющейся частью одной из обслуживающих подсистем.

**Методическое обеспечение** – документы, регламентирующие порядок эксплуатации, описание технологии функционирования САПР, методов выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов. Документы, относящиеся к процессу создания САПР, не входят в состав методического обеспечения.



## Виды обеспечения САПР: математическое, лингвистическое обеспечение

**Математическое обеспечение** – математические методы, модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач проектирования, т.е. принципы построения функциональных моделей, методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, постановки экстремальных задач, поиски экстремума и др.

По назначению и способам реализации математическое обеспечение делят на две части:

- математические методы и построенные на них математические модели;
- формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

**Лингвистическое обеспечение** – специальные языковые средства (языки проектирования), используемые для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, а также для осуществления диалога проектировщик-компьютер и обмена данными между техническими средствами САПР. К компонентам лингвистического обеспечения относят языки проектирования, информационно-поисковые языки, и вспомогательные языки, используемые в обслуживающих подсистемах, и для связи с ними проектирующих подсистем.



## Виды обеспечения САПР: техническое, организационное обеспечение

**Техническое обеспечение** – это совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, облегчающих процесс автоматизированного проектирования.

К компонентам технического обеспечения относят устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства и их сочетания, обеспечивающие функционирование ПТК и КСАП, в том числе диалоговый, многопользовательский и многозадачный режим работы, а также построение иерархических и сетевых структур технического обеспечения.

В качестве предпочтительной для САПР следует использовать двухуровневую структуру технического обеспечения, включающую центральный вычислительный комплекс и автоматизированные рабочие места (терминальные станции).

**Организационное обеспечение** – совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, организационную структуру объекта и системы автоматизации, деятельность в условиях функционирования системы, форму представления результатов проектирования, задачи и функции службы САПР и связанных с нею подразделений проектной организации; права и ответственность должностных лиц по обеспечению создания и функционирования САПР; порядок подготовки и переподготовки пользователей САПР.

В организационное обеспечение входят штатные расписания, должностные инструкции, правила эксплуатации, приказы, положения и т. п.

Создание и развитие САПР ведется очередями. Каждая из очередей САПР является расширением предыдущей, что достигается путем внедрения новых подсистем и компонентов САПР. Дальнейшее развитие САПР осуществляется путем совершенствования имеющихся подсистем и компонентов САПР, их связей между собой и с подразделениями проектной организации.

### **Стадии развития САПР:**

- предпроектные исследования;
- техническое задание;
- техническое предложение;
- технический проект;
- рабочий проект;
- ввод в действие.

Цель работ на **стадии предпроектного исследования** – это изучение существующих в проектной организации процессов проектирования, закономерностей совершенствования объектов проектирования, оценка технико-экономической целесообразности создания САПР и формирования совокупности исходных требований к функциям и структуре САПР.

**Разработка технического задания** проводится на основании результатов предпроектных исследований. Техническое задание после согласования и утверждения является основным документом, регламентирующим проведение работ на последующих стадиях создания САПР, подсистемы или компонента САПР.

Цель работ на **стадии технического предложения** – это детальное технико-экономическое обоснование целесообразности создания САПР с функциями и характеристиками, обусловленными в техническом задании. При разработке технического предложения проводится сравнительный анализ ряда вариантов системы, выбор рационального варианта САПР и уточняются требования к содержанию работ на последующих стадиях создания САПР.

Целью работ **на стадии технического проекта** является разработка окончательных технических решений, дающих полное представление о создаваемых САПР или подсистем САПР с заданными функциями и техническими характеристиками. В техническом проекте устанавливается структура системы, состав подсистем и компонентов САПР и связей между ними; составляются технические задания на создание или адаптацию компонентов технического, программного и информационного обеспечения.

Целью работ **на стадии рабочего проекта** является разработка рабочей документации, достаточной для изготовления (монтажа), наладки и испытания компонентов САПР и ввода в действие подсистем САПР и соответственно очереди САПР в целом. На стадии рабочего проекта должны быть изготовлены (смонтированы), отлажены и испытаны компоненты программного, технического и информационного обеспечения, необходимого для ввода подсистемы или очереди САПР в опытную эксплуатацию. Допускается проводить доработку документации рабочего проекта по результатам испытаний и опытной эксплуатации.

**Стадия ввода** в действие включает опытную эксплуатацию и