

УДК 658.5

## **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ САПР. ТРЕБОВАНИЯ НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ САПР.**

**Стаховский В.В.**

**Научный руководитель: Астапов В.Н.**

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия.

Аннотация

В период научно-технического прогресса в области разработки средств систем автоматизированного проектирования (САПР) и систем автоматизаций инженерного труда (САИТ) были достигнуты определенные успехи. В настоящее время накоплен большой опыт создания САПР и систем автоматизации инженерного труда. Разрабатываются интегрированные САПР в состав, которых входят подсистемы: поддержки принятия решений, моделирования, самоорганизаций, адаптаций, обучения. Системы автоматизированного проектирования производства в масштабах предприятия за рубежом принято определять как САД/САМ/САЕ-системы. Функции автоматизированного проектирования принимают на себя САД (Computer Aided Design) – системы, системы САМ (Computer Aided Manufacturing) служат для технологической подготовки производства, а модули САЕ (Computer Aided Engineering) выполняют инженерные расчеты и анализ проектных решений. Актуальной задачей является разделение огромного количества систем автоматизированного проектирования по различным свойствам и признакам, для наиболее легкого определения необходимой системы. Классификация систем автоматизированного проектирования (САПР) даёт возможность выделить из всего многообразия объектов группы с определенными свойствами и помогает установить наследственные связи между объектами. В данной исследовательской работе рассматриваются различные классификации САПР, а также их функциональное назначение.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение производительности труда разработчиков новых изделий, сокращение сроков проектирования, повышение качества разработки проектов - важнейшие проблемы, решение которых определяет уровень ускорения научно-технического прогресса общества. Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) опирается на прочную научно-техническую базу. Это - современные средства вычислительной техники, новые способы представления и обработки информации, создание новых численных методов решения инженерных задач и оптимизации. Системы автоматизированного проектирования дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук отрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов. В настоящее время созданы и применяются в основном средства и методы, обеспечивающие автоматизацию рутинных процедур и операций, таких, как подготовка текстовой документации, преобразование технических чертежей, построение графических изображений и т.д..

### **Понятие системы автоматизированного проектирования**

Система автоматизированного проектирования, САПР, CAD - автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР (система автоматизации проектных работ). Такая расшифровка точнее соответствует аббревиатуре. Для перевода САПР на английский язык зачастую используется аббревиатура CAD (англ. computer-aided design)[1], подразумевающая использование компьютерных технологий в проектировании. Однако в ГОСТ 15971-90 это словосочетание приводится как стандартизированный англоязычный эквивалент термина "автоматизированное проектирование". Понятие CAD не является полным эквивалентом САПР, как организационно-технической системы. Термин САПР на английский язык может также переводиться как CAD system, automated design system, CAE system.

САПР - это не системы автоматического проектирования. Понятие "автоматический" подразумевает самостоятельную работу системы без участия человека. В САПР часть функций выполняет человек, а автоматическими являются только отдельные проектные операции и процедуры. Слово "автоматизированный", по сравнению со словом "автоматический", подчёркивает участие человека в процессе.

В ряде зарубежных источников устанавливается определённая соподчиненность понятий CAD, CAE, CAM. Термин CAE (computer-aided engineering) определяется как наиболее общее понятие, включающее любое использование компьютерных технологий в инженерной деятельности, включая CAD и CAM (computer-aided manufacturing). Для обозначений всего спектра различных технологий автоматизации с помощью компьютера, в том числе средств САПР, используется термин CAx (англ. computer-aided technologies).

### **Краткий рейтинг зарубежных и отечественных САПР**

К топовым зарубежным САПР относятся:

1. AutoCAD — это базовая САПР, разрабатываемая и поставляемая компанией Autodesk. AutoCAD – самая распространенная CAD-система в мире, позволяющая проектировать как в двумерной, так и трехмерной среде. С помощью AutoCAD можно строить 3D-модели, создавать и оформлять чертежи и многое другое. AutoCAD является платформенной САПР, т.е. эта система не имеет четкой ориентации на определенную проектную область, в ней можно выполнять хоть строительные, хоть машиностроительные проекты, работать с изысканиями, электрикой и многим другим.
2. SolidWorks - трехмерный программный комплекс для автоматизации конструкторских работ промышленного предприятия. Разработчик – компания Dassault Systemes.
3. Autodesk Inventor - Профессиональный комплекс для трехмерного проектирования промышленных изделий и выпуска документации. Разработчик – компания Autodesk.[4]

К российским САПР же относятся:

1. Компас-3D – это система параметрического моделирования деталей и сборок, используемая в областях машиностроения, приборостроения и строительства. Разработчик – компания Аскон (Россия).

2. T-FLEX - отечественная САПР среднего уровня, построенная на основе лицензионного трехмерного ядра Parasolid. Разработчик системы – компания ТопСистемы (Россия).

3. NanoCAD. Посмотрев некоторое время на nanoCAD, вы, вероятно, придёте к выводу, что она не особенно отличается от других CAD программ. Её пользовательский интерфейс не слишком отличается от AutoCAD. Набор команд скорее похож на AutoCAD. Он читает и записывает совместимые с AutoCad DWG файлы. И он имеет API, что так же скорее похоже на AutoCad. Есть только две вещи, которые действительно выделяют nanoCAD. Первая заключается в том, что это действительно хорошо продуманная программа. И это не поспешное заявление. Второе отличие – это бесплатность для коммерческих, образовательных, или других целей, как для частного, так и корпоративного пользования.[5]

### **Цели создания и задачи САПР**

В рамках жизненного цикла промышленных изделий САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства. Основная цель создания САПР — повышение эффективности труда инженеров, включая:

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

Достижение этих целей обеспечивается путем:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- 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.

## Компоненты и обеспечение

Каждая подсистема, в свою очередь состоит из компонентов, обеспечивающих функционирование подсистемы.

Компонент выполняет определенную функцию в подсистеме и представляет собой наименьший (неделимый) самостоятельно разрабатываемый или покупной элемент САПР (программа, файл модели транзистора, графический дисплей, инструкция и т. п.).

Совокупность однотипных компонентов образует средство обеспечения САПР. Выделяют следующие виды обеспечения САПР:

Техническое обеспечение (ТО) — совокупность связанных и взаимодействующих технических средств (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое оборудование, линии связи, измерительные средства).

Математическое обеспечение (МО), объединяющее математические методы, модели и алгоритмы, используемые для решения задач автоматизированного проектирования. По назначению и способам реализации делят на две части:

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

Программное обеспечение (ПО). Подразделяется на общесистемное и прикладное:

Прикладное ПО 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 схмотехнического моделирования, геометрический решатель САПР).

Общесистемное ПО предназначено для управления компонентами технического обеспечения и обеспечения функционирования прикладных программ. Примером компонента общесистемного ПО является операционная система.

Информационное обеспечение (ИО) — совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования. Состоит из описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, комплектующих изделий и их моделей, правил и норм проектирования. Основная часть ИО САПР — базы данных.

Лингвистическое обеспечение (ЛО) — совокупность языков, используемых в САПР для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, а также для осуществления диалога проектировщик-ЭВМ и обмена данными между техническими средствами САПР. Включает термины, определения, правила формализации естественного языка, методы сжатия и развертывания.

В лингвистическом обеспечении выделяют класс различного типа языков проектирования и моделирования (VHDL, VERILOG, UML, GPSS).

Методическое обеспечение (МетО) — описание технологии функционирования САПР, методов выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов. Включает в себя теорию процессов, происходящих в проектируемых объектах, методы анализа, синтеза систем и их составных частей, различные методики проектирования. Иногда к МетО относят также МО и ЛО.

Организационное обеспечение (ОО) — совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, организационную структуру объекта и системы автоматизации, деятельность в условиях функционирования системы, форму представления результатов проектирования... В ОО входят штатные расписания, должностные инструкции, правила эксплуатации, приказы, положения и т. п.

В САПР как проектируемой системе выделяют также эргономическое и правовое обеспечения.

Эргономическое обеспечение объединяет взаимосвязанные требования, направленные на согласование психологических, психофизиологических, антропометрических характеристик и возможностей человека с техническими характеристиками средств автоматизации и параметрами рабочей среды на рабочем месте.

Правовое обеспечение состоит из правовых норм, регламентирующих правоотношения при функционировании САПР, и юридический статус результатов её функционирования.

### **Состав и структура САПР**

Составными структурными частями САПР, жестко связанными с организационной структурой проектной организации, являются подсистемы, в которых при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР.

По назначению подсистемы разделяют на проектирующие и обслуживающие.

Проектирующие подсистемы имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач.

Примеры проектирующих подсистем:

- подсистема эскизного проектирования;
- подсистема проектирования корпусных деталей;
- подсистема проектирования технологических процессов механической

обработки.

Обслуживающие подсистемы имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и выдачу полученных в них результатов. Примеры обслуживающих подсистем:

- автоматизированный банк данных;
- подсистема документирования;

- подсистема графического ввода/вывода.

Системное единство САПР обеспечивается наличием комплекса взаимосвязанных моделей, определяющих объект проектирования в целом, а также комплексом системных интерфейсов, обеспечивающих указанную взаимосвязь.

Системное единство внутри проектирующих подсистем обеспечивается наличием единой информационной модели той части объекта, проектное решение по которой должно быть получено в данной подсистеме.

Формирование и использование моделей объекта проектирования в прикладных задачах осуществляется КСАП системы или подсистемы.

Структурными частями КСАП в процессе его функционирования являются программно-методические (ПМК.) и программно-технические (ПТК) комплексы (далее — комплексы средств), а также компоненты организационного обеспечения.[2]

Комплексы средств могут объединять свои вычислительные и информационные ресурсы, образуя локальные вычислительные сети подсистем или систем в целом.

Структурными частями комплексов средств являются компоненты следующих видов обеспечения: программного, информационного, методического, математического, лингвистического « технического.

Компоненты видов обеспечения выполняют в комплексах средств заданную функцию и представляют наименьший (неделимый) самостоятельно разрабатываемый (или покупной) элемент САПР (например: программа, инструкция, дисплей и т. д.).

Эффективное функционирование КСАП и взаимодействие структурных частей САПР всех уровней должно достигаться за счет ориентации на стандартные интерфейсы и протоколы связи, обеспечивающие взаимодействие комплексов средств.

Эффективное функционирование комплексов средств должно достигаться за счет взаимосогласованной разработки (согласования с покупными) компонентов, входящих в состав комплексов средств.

КСАП обслуживающих подсистем, а также отдельные ПТК этих подсистем могут использоваться при функционировании всех подсистем.

## **Требования**

Анализ определения САПР с учетом накопленного опыта их создания и эксплуатации позволяет установить следующие общие требования (или принцип) к построению САПР.

- **Объектная ориентированность.** САПР должна быть нацелена на проектирование определенного класса технических изделий в конкретных организациях. Чем шире класс проектируемых изделий, тем сложнее и дороже САПР. Поэтому необходим разумный компромисс в определении объектов и задач проектирования в САПР с учетом специфичных особенностей проектирующей организации.
- **Эргатичность.** САПР должна обеспечить человеку главную роль в реализации процесса проектирования, особенно при постановке задач проектирования, анализе результатов и принятии решений. Человеку следует предоставить возможность выполнения неформализуемых проектных процедур, а также таких процедур, автоматизация которых связана с большой затратой сил и средств. Рациональное распределение функций между человеком и ЭВМ значительно влияет на повышение эффективности САПР. При распределении надо стремиться к тому, чтобы освободить человека от трудоемких вычислительных и чертежных работ и максимально усилить творческое начало в его работе.
- **Коллективность.** САПР следует строить как систему коллективного пользования, в которой могут совместно работать проектировщики различного профиля (расчетчики, конструкторы, технологи). Очередность или одновременность их работы определяется структурой организации и технологией автоматизированного проектирования. Кроме того, в САПР можно вести параллельно несколько проектных разработок.
- **Системность.** САПР, как и всякая сложная система, должна строиться в виде совокупности функциональных модулей (подсистем). Последовательное, поэтапное создание и подключение подсистем позволяет постепенно наращивать САПР, ускоряя получение эффекта от автоматизации проектирования при максимальном использовании ограниченных ресурсов.
- **Эволюционность.** САПР должна иметь возможность непрерывного развития и совершенствования путем расширения за счет подключения новых модулей и модификации имеющихся. Это обусловлено длительными сроками разработки САПР (5—10 лет) и ее высокой стоимостью (до нескольких миллионов рублей). Эффективность подобных систем достигает максимума при практически неограниченных сроках службы, что возможно только для открытых, развивающихся систем. Кроме того, эволюционность построения САПР обеспечивает преемственность с традиционной технологией проектирования.
- **Информативность.** САПР должна обеспечить восприятие, хранение и обработку различных видов информации, необходимой для осуществления процесса проектирования. Причем преобразуемая в САПР информация представляется различными языковыми средствами кодирования и программирования. Согласование языковых средств в САПР обязательно для обеспечения информационного единства и нормального функционирования системы. Информационная согласованность элементов САПР позволяет как проектировщикам, так и обслуживающему персоналу пользоваться проблемно-ориентированными языками, сохраняющими привычные для них понятия и термины.

- **Комплексность.** САПР должна обеспечить комплексную конвейерную автоматизацию всех этапов проектирования. Только в этом случае достигается максимальный эффект автоматизации, так как устраняются все противоречия между ручными и автоматизированными формами проектирования. При комплексной автоматизации удастся гибко сочетать автоматические и ручные проектные процедуры, установленные путем распределения функций между человеком и ЭВМ.
- САПР должна иметь возможность установления связей с другими автоматизированными системами или включения в качестве составной части в более сложную автоматизированную систему. Например, весьма эффективными являются взаимосвязи САПР с автоматизированными системами производства и экспериментальных исследований. Или же САПР может работать под управлением АСУ проектной организации.
- **Унифицируемость.** САПР должна иметь максимальное число унифицированных и стандартизованных составных частей. Это сокращает сроки разработки вновь создаваемых САПР, уменьшает их стоимость, упрощает взаимосвязь с другими автоматизированными системами и облегчает тиражирование САПР или его элементов. Унификация и стандартизация в значительной мере решают проблему массового внедрения САПР в средние и малые проектные организации, которых большинство и которым не под силу большие капиталовложения и привлечение квалифицированных специалистов.[3]

### **Заключение**

Данный реферат дает базовое представление о системах автоматизированного проектирования (САПР). САПР — это технологии проектирования и ведения технической документации, благодаря которым на смену черчению вручную пришли автоматические процессы. С помощью САПР увеличивается эффективность выполняемых проектных работ за счет: очень удобных и принципиально новых средств рисования схем; в программном обеспечении заложено автоматическое формирование монтажно-коммутационных схем; средств, которые управляют проектом, состоят из множества документов; повышение уровня качества выпускаемой продукции.

### **Список литературы:**

1. Системы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]  
URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_автоматизированного\\_проектирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования)  
(дата обращения - 11.10.2019).



2. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Л17  
Интегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав:  
Учеб. пособие. М.: "Издательство Машиностроение-1", 2006, С. 163-165.
3. Основы систем автоматизированного проектирования [Электронный  
ресурс] URL: <https://bourabai.ru/cm/cad.htm> (дата обращения - 12.10.2019)
4. ОБЗОР ПОПУЛЯРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ (CAD) [Электронный  
ресурс] URL: <https://www.pointcad.ru/novosti/obzor-sistem-avtomatizirovannogo-proektirovaniya> (дата обращения - 12.10.2019)
5. Русские САПР [Электронный ресурс] URL: <http://sapr-journal.ru/stati/russkie-sapr/> (дата обращения – 17.10.2019)