

Лекция 5 САПР в компьютерно–интегрированном производстве.

1 Классификация САПР по отраслевому назначению

2 Классификация САПР по целевому назначению и их функции (CAD, CAE, CAM)

3 Классификация САПР по целевому назначению и их функции (CAPP, PDM)

1 Классификация САПР по отраслевому назначению

Одними из важнейших функций инженера являются проектирование изделий и технологических процессов их изготовления. В связи с этим САПР принято делить по крайней мере на два основных вида:

- САПР изделий (САПР И);
- САПР технологических процессов (САПР ТП) их изготовления.

Ввиду того, что на Западе сложилась своя терминология в области автоматизированного проектирования и она часто используется в публикациях, будем рассматривать и «западные» и отечественные термины.

САПР изделий. На Западе эти системы называют CAD (Computer Aided Design). Здесь Computer – компьютер, Aided – с помощью, Design – проект, проектировать. Т.е. по – существу термин «CAD» можно перевести как «проектирование с помощью компьютера». Эти системы выполняют объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерные расчеты и анализ, оценку проектных решений, изготовление чертежей.

Научно – исследовательский этап САПР иногда выделяют в самостоятельную **автоматизированную систему научных исследований (АСНИ)** или, используя западную терминологию, автоматизированную систему инжиниринга – CAE (Computer Aided Engineering). Пример такой системы в России – «изобретающая машина», поддерживающая процесс принятия человеком новых нестандартных решений, иногда и на уровне изобретений.

САПР технологии изготовления. В России эти системы принято называть САПР ТП или АС ТППП (автоматизированные системы технологической подготовки производства). На Западе их называют CAPP (Computer Automated Process Planning). Здесь Automated – автоматический, Process – процесс, Planning – планировать, планирование, составление плана. С помощью этих систем разрабатывают технологические процессы и оформляют их в виде маршрутных, операционных, маршрутно – операционных карт, проектируют технологическую оснастку, разрабатывают управляющие программы (УП) для станков с ЧПУ.

Более конкретное описание технологии обработки на оборудовании с ЧЧПУ (в виде кадров управляющей программы) вводится в **автоматизированную систему управления производственным оборудованием (АСУПР)**, которую на Западе принято называть САМ (Computer Aided Manufacturing). Здесь Manufacturing – производство, изготовление. Техническими средствами, реализующими данную систему, могут быть системы ЧПУ станков, компьютеры, управляющие автоматизированными станочными системами.

Помимо этого различают: **систему производственного планирования и управления PPS** (Produktionsplaungs system), что соответствует отечественному термину **АСУП (автоматизированная система управления производством)**, а также **систему управления качеством CAQ** (Computer Aided Qulity Control). Здесь Qulity – качество, Control – управление. В нас используется термин АСУК (автоматизированная система управления качеством).

Классификация САПР по отраслевому назначению

Машиностроительные САПР (MCAD англ. mechanical computer-aided design) — автоматизированное проектирование механических устройств. Применяются в автомобилестроение, судостроении, авиакосмической промышленности, при создании нефтегазового оборудования для добычи, транспортировки, хранения и переработки, при производстве товаров народного потребления и т.д., включают в себя разработку деталей и сборок (механизмов) с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования. Инструментальные средства проектирования в

машиностроении - это CAD/CAE/CAM системы. Они предназначены для комплексной автоматизации проектирования, конструирования и изготовления продукции машиностроения;

- САПР в области архитектуры и строительства (AEC CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) или CAAD (англ. computer-aided architectural design)) — Используются для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и проч.;

- EDA (англ. electronic design automation) или ECAD (англ. electronic computer-aided design) — САПР электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п.

2 Классификация САПР по целевому назначению и их функции (CAD, CAE, CAM)

ГОСТ 23501.108-85 устанавливает следующие признаки классификации САПР: тип объекта проектирования, разновидность объекта проектирования, сложность объекта проектирования, уровень автоматизации проектирования, комплексность автоматизации проектирования, характер выпускаемых документов, количество выпускаемых документов, количество уровней в структуре технического обеспечения.

По целевому назначению различают подсистемы САПР, которые обеспечивают различные аспекты проектирования.

- **CAD** — средства автоматизированного проектирования, в контексте указанной классификации термин обозначает средства САПР предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации, САПР общего назначения. Для обозначения данного класса средств САПР используется также термин CADD (англ. computer-aided design and drafting) — автоматизированное проектирование и создание чертежей.

Функции CAD-систем в машиностроении подразделяют на функции двухмерного (2D) и трехмерного (3D) проектирования. К функциям 2D относятся черчение, оформление конструкторской документации; к функциям 3D — получение трехмерных моделей, параметрические расчеты, реалистичная визуализация, взаимное преобразование 2D и 3D моделей.

Для современных CAD-систем характерен модульный принцип построения. Базовые модули конструкторского проектирования предназначены для твердотельного и поверхностного моделирования, синтеза конструкций из базовых элементов формы, поддерживают параметризацию и ассоциативность, проекционное черчение, выполняют разработку чертежей с простановкой размеров и допусков. Пользователь может пополнять библиотеку оригинальными моделями. Синтез трехмерных моделей сложной формы возможен вытягиванием плоского контура по нормали к его плоскости, его протягиванием вдоль произвольной пространственной кривой, вращением контура вокруг заданной оси, натягиванием между несколькими заданными сечениями. Синтез сборок выполняется вызовом или ссылкой на библиотечные элементы, их модификацией, разработкой новых деталей. Детали сборки можно нужным образом ориентировать в пространстве. Далее следует ввести ассоциативные (сопрягающие) связи.

Основными MCAD системами являются CATIA (Dassault Systemes), UNIGRAPHICS NX (Siemens PLM Software), Pro/ENGINEER (PTC), AutoCAD Inventor Professional.

Дополнительные модули конструкторского проектирования имеют более конкретную, но узкую специализацию. Примерами таких модулей могут служить модули конструирования панелей из композитных материалов, разработки штампов и литейных пресс-форм, трубопроводных систем, сварных конструкций, разводки электрических кабелей и жгутов.

CAE — средства автоматизации инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов, осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий. Системы инженерного анализа предназначены для изучения поведения продукта с использованием его геометрической модели - как правило, такая модель создается в системе CAD. Благодаря развитым CAE-системам, первые же собранные в реальном цехе изделия демонстрируют все заложенные его проектировщиками характеристики и могут тут же поставляться заказчику.

Наиболее распространены САЕ-системы, использующие решение систем дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов (МКЭ). Они делятся на универсальные системы анализа с использованием МКЭ и специализированные.

Функции систем инженерного анализа (САЕ) довольно разнообразны, так как связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений. В состав машиностроительных САЕ-систем прежде всего включают программы для следующих процедур:

- ✓ анализ кинематики и динамики изделия с определением траекторий движущихся частей и действующих сил в процессе работы;
- ✓ моделирование упруго-напряженного, деформированного, теплового состояния, колебаний конструкции, определения критических нагрузок. Чаще всего выполняется в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ);
- ✓ стационарного и нестационарного газодинамического и теплового моделирования с учетом вязкости, турбулентных явлений, пограничного слоя и т.п.;
- ✓ расчет состояний и переходных процессов на макроуровне;
- ✓ имитационного моделирования сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри.

Примеры САЕ систем моделирования полей физических величин в соответствии с МКЭ: Ansys, MSC Nastran, NX Nastran, Cosmos/M, Nisa, Moldflow, ABAQUS, LS-DYNA, MSC.ADAMS, MSC, T-FLEX Анализ.

Специализированные системы МКЭ ориентированы на конкретные виды анализа. Примерами таких систем могут служить пакеты Flotran, Fluid, предназначенные для моделирования гидро-газодинамических процессов, OPTRIS - для моделирования деформаций и др.

- **CAM** — средства технологической подготовки производства изделий, обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) или ГАПС (Гибких Автоматизированных Производственных Систем). Русским аналогом термина является АСТПП — автоматизированная система технологической подготовки производства. Сюда входит и задача САПР ТП - разработка технологической документации (маршрутной, операционной), доводимой до рабочих мест и регламентирующей процесс изготовления детали.

Основные функции систем технологической подготовки производства (CAM): разработка технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, генерация постпроцессоров для конкретных типов оборудования с ЧПУ (NC — Numerical Control), расчет норм времени обработки.

Примеры CAM. NX CAM — система автоматизированной разработки управляющих программ для станков с ЧПУ от компании Siemens PLM Software. *SprutCAM* — единственная российская CAM-система, и одна из немногих среди зарубежных, поддерживающая разработку УП для многокоординатного, электроэрозионного и токарно-фрезерного оборудования с учетом полной кинематической 3D-модели всех узлов в том числе. *ADEM* (англ. Automated Design Engineering Manufacturing) — российская интегрированная CAD/CAM/CAPP система, предназначенная для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). Пакет *EdgeCAM* от компании Pathtrace. *PowerMill* — продукт компании Delcam. Функционал CAM-системы Delcam, начиная с 2011-й версии, интегрируется в среду проектирования CAD-системы SolidWorks, разрабатываемого корпорацией Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *Mastercam* — программное обеспечение для фрезерной, токарной, электроэрозионной и деревообработки на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Разработчик - известная американская компания CNC Software Inc., уже более 25 лет создает и совершенствует систему и является одним из мировых лидеров в CAM индустрии. Mastercam интегрирован в программные продукты фирмы АСКОН.

3 Классификация САПР по целевому назначению и их функции (CAPP, PDM)

- **CAPP** (англ. computer-aided process planning - автоматизированная система технологической подготовки производства) — средства автоматизации планирования технологических процессов применяемые на стыке систем CAD и CAM.

Это программные продукты, помогающие автоматизировать процесс подготовки производства, а именно планирование (написание) технологических процессов. В основном такие программы работают с базой данных технологических планов предприятия. Задача CAPP следующая: по заданной модели изделия, выполненной в CAD-системе, составить план его производства — маршрут изготовления. В этот маршрут входят сведения о последовательности технологических операций изготовления детали, а также сборочных операциях (если таковые имеются); оборудование, используемое на каждой операции, и инструмент, при помощи которого на операциях производится обработка. Обычно технологическая подготовка производства осуществляется в написании технологических процессов на новые изделия, или разработка техпроцессов по уже имеющейся базе типовых технологических процессов. Если говорить о автоматизации написании технологических процессов, то существует два подхода: модифицированный и генеративный.

Примеры CAPP. Tescomatix — пакет решений для трехмерного моделирования, анализа и автоматизированной подготовки производства от компании Siemens PLM Software. Vertical - система автоматизации технологической подготовки производства от компании Ascon. Техно Про и TechnologiCS – отечественных разработок.

- Системы управления данными об изделии (**PDM системы**) используются на всех этапах проектирования, позволяя осуществлять режим коллективного проектирования, автоматизируя функции управления, связанные с этим режимом: назначение и обеспечение качества ответственности, прав доступа, ведение базы данных проекта и т.д. В первую очередь системы PDM упрощают передачу данных между отделами предприятия и доступ к информации, необходимой для работы в разных программных системах. Использование этих систем на предприятии улучшает взаимодействие подразделений, уменьшает бумажный документооборот, повышает эффективность управления.

PDM-система управляет всеми связанными с изделием информационными процессами (в первую очередь, проектированием изделия и технологией его производства), а также всей информацией об изделии - его составом и структурой, геометрическими данными, чертежами, планами проектирования и производства, нормативными документами, программами для станков с ЧПУ, результатами анализа, корреспонденцией, данными о партиях и отдельных экземплярах изделия и многим другим.

PDM-система выступает в качестве средства интеграции множества используемых на предприятии прикладных автоматизированных систем (CAD/CAM/CAE/CAPP/ERP/MRP) за счет сбора поступающей из них информации в логически единую модель на основе стандартных интерфейсов взаимодействия.

Пользователями PDM-системы могут быть все сотрудники всех предприятий-участников жизненного цикла изделия: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях (сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т. п.).

Наиболее типичные задачи, решаемые при помощи PDM-систем:

- электронный архив документации (конструкторской, технологической, организационно-распорядительной, проектной, нормативно-технической);
- электронный документооборот (согласование данных и документов, контроль исполнения);
- управление разработкой данных и документации (совместная работа в рабочей группе, управление составами и конфигурацией изделий);
- компьютерная система менеджмента качества;
- электронные справочники (материалы, ПКИ, стандартные изделия и т.д.).

Примеры PDM. В настоящее время наиболее известными PDM-системами являются ENOVIA и SmarTeam (Dessault Systemes), Teamcenter (Siemens PLM Software), Windchill (PTC), mySAP PLM (SAP), BaanPDM (BAAN) и российские системы Лоцман: PLM (Аскон), PDM StepSuite (НПО "Прикладная логистика"), Party Plus (Лоция Софт). Основные разработчики САПР в машиностроении считают целесообразным предлагать комплексные системы PLM, в состав которых входят как модули CAD/CAM/CAE, так и PDM.

С помощью CAD-средств создается геометрическая модель изделия, которая используется в качестве входных данных в системах CAM, и на основе которой, в системах CAE, формируется требуемая для инженерного анализа модель исследуемого процесса.

Многие системы автоматизированного проектирования совмещают в себе решение задач относящихся к различным аспектам проектирования CAD/CAM, CAD/CAE, CAD/CAE/CAM. Такие системы называют комплексными или интегрированными.