**Дисциплина «Информатика»**

**Урок 45-46**

**Тема: «Структура и классификация систем автоматизированного проектирования. Система автоматизированного проектирования Компас-3D. Построение пространственной модели».**

**Задание 1. Изучите теоретический материал и ответьте на вопросы письменно в тетради или в текстовом документе**

1. Дайте определение *САПР*.
2. Что является целью функционирования *САПР*?
3. Что является *объектом автоматизации проектирования*?
4. Каковы основные черты современных *САПР*?
5. Перечислите разновидности *САПР*

**Задание 2. Изучите видео по указанной ниже ссылке и составьте алгоритм действий при построении пространственных моделей в Компас-3D**

Видеоуроки по КОМПАС 3D. Урок 1 Основы построения 3D моделей в САПР КОМПАС

<https://www.youtube.com/watch?v=pYlxQlWmLEQ>

Видеоуроки по КОМПАС 3D. Урок 2 Построение 3D моделей призмы, пирамиды, цилиндра и конуса

<https://www.youtube.com/watch?v=6oUC2tXzOwA>

**Результат работы прикрепите в Гугл класс**

**Теоретический материал**

**Системы автоматизированного проектирования (САПР)**

### Определение, назначение, цель

*По* определению *САПР* - это организационно-техническая система, состоящая из совокупности комплекса средств автоматизации проектирования и коллектива специалистов подразделений *проектной организации*, выполняющая автоматизированное проектирование объекта, которое является результатом деятельности *проектной организации*.

Из этого определения следует, что *САПР* - это не средство автоматизации, а система деятельности людей *по* проектированию объектов. Поэтому *автоматизация* проектирования как научно-техническая дисциплина отличается от обычного использования ЭВМ в процессах проектирования тем, что в ней рассматриваются вопросы построения системы, а не совокупность отдельных задач.

Проектировщики, как следует из определения, относятся к *САПР*. Это утверждение вполне правомерно, т. к. *САПР* - это система автоматизированного, а не автоматического проектирования. Это значит, что часть операций проектирования может и всегда будет выполняться человеком. При этом в более совершенных системах доля *работ*, выполняемых человеком, будет меньше, но содержание этих *работ* будет более творческим, а роль человека в большинстве случаев - более ответственной.

Из определения *САПР* следует, что целью ее функционирования является проектирование. Как уже было сказано, проектирование - это процесс переработки информации, приводящий, в конечном счете, к получению полного представления о проектируемом объекте и способах его изготовления.

В практике неавтоматизированного проектирования полное описание проектируемого объекта и способов его изготовления содержит проект изделия и техническую документацию. Для условия автоматизированного проектирования еще не узаконено название конечного продукта проектирования, содержащего данные об объекте, и технологии его создания. На практике его называют *по*-прежнему "проектом".

Проектирование - это один из наиболее сложных видов интеллектуальной работы, выполняемой человеком. Более того, процесс проектирования сложных объектов не под силу одному человеку и выполняется творческим коллективом. Это, в свою *очередь*, делает процесс проектирования еще более сложным и трудно поддающимся формализации. Для автоматизации такого процесса необходимо четко знать, что в действительности он собой представляет и как выполняется разработчиками. *Опыт*свидетельствует, что изучение процессов проектирования и их формализация давались специалистам с большим трудом, поэтому*автоматизация* проектирования всюду осуществлялась поэтапно, охватывая последовательно все новые *проектные операции*. Соответственно, поэтапно создавались новые и совершенствовались старые системы. Чем на большее число частей разбита система, тем труднее правильно сформулировать исходные данные для каждой части, но тем легче провести оптимизацию.

*Объектом автоматизации проектирования* являются работы, действия человека, которые он выполняет в процессе проектирования. А то, что проектируют, называют *объектом проектирования*.

Человек может проектировать дом, машину, *технологический процесс*, промышленное изделие. Такие же объекты призвана проектировать *САПР*. При этом разделяют *САПР* изделия (*САПР* И) и *САПР* *технологических процессов* (*САПР* ТП).

Следовательно, *объекты проектирования* не являются *объектами автоматизации проектирования*. В производственной практике *объектом автоматизации проектирования* является вся совокупность действий проектировщиков, разрабатывающих изделие или *технологический процесс*, или то и другое, и оформляющих результаты разработок в виде конструкторской, технологической и эксплуатационной документаций.

Разделив весь процесс проектирования на этапы и *операции*, можно описать их с помощью определенных математических методов и определить инструментальные средства для их автоматизации. Затем необходимо рассмотреть выделенные *проектные операции* и *средства автоматизации* в комплексе и найти способы сопряжения их в единую систему, отвечающую поставленным целям.

При проектировании сложного объекта различные *проектные операции* многократно повторяются. Это связано с тем, что проектирование представляет собой закономерно развивающийся процесс. Начинается он с выработки общей концепции проектируемого объекта, на ее основе - *эскизного проекта*. Далее приближенные решения (прикидки) *эскизного проекта* уточняются на всех последующих стадиях проектирования. В целом такой процесс можно представить в виде спирали. На нижнем витке спирали находится концепция проектируемого объекта, на верхнем - окончательные данные о спроектированном объекте. На каждом витке спирали выполняют, с точки зрения технологии обработки информации, идентичные *операции*, но в увеличивающем объеме. Следовательно, инструментальные *средства автоматизации* повторяющихся операций могут быть одни и те же.

Практически решить в полном объеме задачу формализации всего процесса проектирования очень сложно, однако если будет автоматизирована хотя бы часть проектных операций, это себя все равно оправдает, т. к. позволит в дальнейшем развивать созданную *САПР* на основе более совершенных технических решений и с меньшими затратами ресурсов.

В целом, для всех этапов проектирования изделий и технологии их изготовления можно выделить следующие основные виды типовых операций обработки информации:

* поиск и выбор из всевозможных источников нужной информации;
* анализ выбранной информации;
* выполнение расчетов;
* принятие проектных решений;
* оформление проектных решений в виде, удобном для дальнейшего использования (на последующих стадиях проектирования, при изготовлении или эксплуатации изделия).

*Автоматизация* перечисленных операций обработки информации и *процессов управления* использованием информации на всех стадиях проектирования составляет *сущность функционирования современных САПР*.

Каковы основные черты систем автоматизированного проектирования и их принципиальные отличия от "позадачных" методов автоматизации?

Первой характерной особенностью является возможность *комплексного* решения общей задачи проектирования, установления тесной связи между частными задачами, т. е. возможность интенсивного обмена информацией и взаимодействие не только отдельных процедур, но и этапов проектирования. Например, применительно к техническому (конструкторскому) этапу проектирования *САПР* позволяет решать задачи *компоновки*, размещения и трассировки в тесной взаимосвязи, которая должна быть заложена в технических и программных средствах системы.

Применительно к системам более высокого уровня можно говорить об установлении тесной информационной связи между схемотехническим и техническим этапами проектирования. Такие системы позволяют создавать радиоэлектронные средства, более эффективные с точки зрения комплекса функциональных и конструкторско-технологических требований.

Вторым отличием *САПР* является *интерактивный режим* проектирования, при котором осуществляется непрерывный процесс *диалога* "человек-машина". Сколь ни сложны и изощренны формальные методы проектирования, сколь ни велика *мощность* вычислительных средств, невозможно создать сложную аппаратуру без творческого участия человека. Системы автоматизации проектирования *по* своему замыслу должны не заменять конструктора, а выступать мощным инструментом его творческой деятельности.

Третья особенность *САПР* заключается в возможности *имитационного моделирования* радиоэлектронных систем в условиях работы, близких к реальным. *Имитационное моделирование* дает возможность предвидеть реакцию проектируемого объекта на самые различные возмущения, позволяет конструктору "видеть" плоды своего труда в действии без *макетирования*. Ценность этой особенности *САПР* заключается в том, что в большинстве случаев крайне трудно сформулировать системный *критерий эффективности*. Эффективность связана с большим числом требований различного характера и зависит от большого числа параметров и внешних факторов. Поэтому в сложных задачах проектирования практически невозможно формализовать процедуру поиска, оптимального *по* критерию комплексной эффективности решения. *Имитационное моделирование* позволяет провести испытания различных вариантов решения и выбрать лучший, причем сделать это быстро и учесть всевозможные факторы и возмущения.

Четвертая особенность заключается в значительном усложнении программного и информационного обеспечения проектирования. Речь идет не только о количественном, объемном увеличении, но и об идеологическом усложнении, которое связано с необходимостью создания языков общения проектировщика и ЭВМ, развитых банков данных, программ информационного обмена между составными частями системы, программ проектирования. В результате проектирования создаются новые, более совершенные, отличающиеся от своих аналогов и прототипов более высокой эффективностью за счет использования новых физических явлений и принципов функционирования, более совершенной элементной базы и структуры, улучшенных конструкций и прогрессивных *технологических процессов*.

### 

### Принципы создания САПР конструкции и технологии

При создании *САПР* руководствуются следующими общесистемными принципами.

1. Принцип *включения* состоит в том, что требования к созданию, функционированию и развитию *САПР* определяются со стороны более сложной системы, включающей в себя *САПР* в качестве подсистемы. Такой сложной системой может быть, например, комплексная система АСНИ - *САПР* - *АСУТП* предприятия, *САПР* отрасли и т. п.
2. Принцип *системного единства* предусматривает обеспечение целостности *САПР* за счет связи между ее подсистемами и функционирования подсистемы управления *САПР*.
3. Принцип *комплексности* требует *связности* проектирования отдельных элементов и всего объекта в целом на всех стадиях проектирования.
4. Принцип *информационного единства* предопределяет *информационную согласованность* отдельных подсистем и компонентов *САПР*. Это означает, что в средствах обеспечения компонентов *САПР* должны использоваться единые термины, символы, условные обозначения, проблемно-ориентированные языки программирования и способы представления информации, которые обычно устанавливаются соответствующими нормативными документами. Принцип информационного единства предусматривает, в частности, размещение всех файлов, используемых многократно при проектировании различных объектов, в банках данных. За счет информационного единства результаты решения одной задачи в *САПР* без какой-либо перекомпоновки или переработки полученных массивов данных могут быть использованы в качестве исходной информации для других задач проектирования.
5. Принцип *совместимости* состоит в том, что языки, коды, информационные и *технические характеристики* структурных связей между подсистемами и компонентами *САПР* должны быть согласованы так, чтобы обеспечить совместное функционирование всех подсистем и сохранить *открытую структуру* *САПР* в целом. Так, введение каких-либо новых технических или программных средств в *САПР* не должно приводить к каким-либо изменениям уже эксплуатируемых средств.
6. Принцип *инвариантности* предусматривает, что подсистемы и компоненты *САПР* должны быть, по возможности, универсальными или типовыми, т. е. инвариантными к проектируемым объектам и отраслевой специфике. Применительно ко всем компонентам *САПР* это, конечно, невозможно. Однако многие компоненты, например, программы оптимизации, обработки массивов данных и другие, могут быть сделаны одинаковыми для разных технических объектов.
7. Принцип *развития* требует, чтобы в *САПР* предусматривалось наращивание и совершенствование компонентов и связей между ними. При модернизации подсистемы *САПР* допускается частичная замена компонентов, входящих в подсистему, с изданием соответствующей документации.

Приведенные общесистемные принципы являются чрезвычайно важными на этапе разработки *САПР*. *Контроль* над их соблюдением обычно осуществляет специальная служба *САПР* предприятия.

Сущность процесса проектирования заключается в разработке конструкций и *технологических процессов* производства новых радиоэлектронных средств, которые должны с минимальными затратами и максимальной эффективностью выполнять предписанные им функции в требуемых условиях.

В результате проектирования создаются новые, более совершенные изделия, отличающиеся от своих аналогов и прототипов более высокой эффективностью за счет использования новых физических явлений и принципов.

### Классификация САПР

Классификацию *САПР* осуществляют *по* ряду признаков, например, *по* приложению, целевому назначению, масштабам (комплексности решаемых задач), характеру базовой подсистемы - ядра *САПР*.

*По* приложениям наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы *САПР*.

1. *САПР* для радиоэлектроники: системы *ECAD (Electronic CAD)* или *EDA (Electronic Design Automation)*.
2. *САПР* для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными *САПР* или системами *MCAD (Mechanical CAD)*.
3. *САПР* в области архитектуры и строительства.

Кроме того, известно большое число специализированных *САПР*, выделяемых в указанных группах или представляющих самостоятельную *ветвь* в классификации. Примерами таких систем являются *САПР* больших *интегральных схем* (БИС); *САПР* летательных аппаратов; *САПР* электрических машин и т. п.

*По* целевому назначению различают *САПР* или подсистемы *САПР*, обеспечивающие разные аспекты (*страты*) проектирования. Так, в составе *MCAD* появляются рассмотренные выше *CAE*/*CAD*/*CAM*-системы.

*По* масштабам различают отдельные программно-методические комплексы (ПМК) *САПР*, например: комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ) или комплекс анализа электронных схем; системы ПМК; системы с уникальными архитектурами не только программного (*software*), но и технического (*hardware*) обеспечений.

*По* характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности *САПР*.

1. *САПР* на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования. Эти *САПР* ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является *конструирование*, т. е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. К этой группе систем относится большинство *САПР* в области машиностроения, построенных на базе графических ядер.

В настоящее время широко используют унифицированные графические ядра, применяемые более чем в одной *САПР* (ядра Parasolid фирмы EDS Unigraphics и *ACIS* фирмы Intergraph).

1. *САПР* на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчетах перерабатывается большой объем данных. Такие *САПР* преимущественно встречаются в технико-экономических приложениях, например, при проектировании бизнес-планов, но они распространены также при проектировании объектов, подобных щитам управления в системах автоматики.
2. *САПР* на базе конкретного прикладного пакета. Фактически это автономно используемые ПМК, например, *имитационного моделирования* производственных процессов, расчета прочности по МКЭ, синтеза и анализа систем автоматического управления и т. п. Часто такие *САПР* относятся к системам САЕ. Примерами могут служить программы *логического проектирования* на базе языка *VHDL*, математические пакеты типа *MathCAD*.
3. Комплексные (интегрированные) *САПР*, состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов. Характерными примерами комплексных *САПР* являются *CAE*/*CAD*/*CAM*-системы в машиностроении или *САПР* БИС. Так, *САПР* БИС включает в себя СУБД и подсистемы проектирования компонентов, принципиальных, логических и *функциональных схем*, *топологии* кристаллов, тестов для проверки годности изделий. Для управления столь сложными системами применяют специализированные *системные среды*.

### 

### Структура САПР

Как и любая сложная система, *САПР* состоит из подсистем. Различают подсистемы проектирующие и обслуживающие.

*Проектирующие* подсистемы непосредственно выполняют *проектные процедуры*. Примерами *проектирующих подсистем* могут служить подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации, схемотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах.

*Обслуживающие* подсистемы обеспечивают функционирование *проектирующих подсистем*, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) *САПР*. Типичными *обслуживающими подсистемами* являются подсистемы управления проектными данными, подсистемы разработки и сопровождения программного обеспечения *CASE (Computer Aided Software Engineering)*,обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в *САПР*.

#### Виды обеспечения САПР

Структурирование *САПР* по различным аспектам обусловливает появление *видов обеспечения* *САПР*. Принято выделять семь видов обеспечения *САПР*:

* *техническое (ТО)*,включающее различные *аппаратные средства* (ЭВМ, *периферийные устройства*, сетевое коммутационное оборудование, *линии связи*, измерительные средства);
* *математическое (МО)*,объединяющее математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования;
* *программное*, представляемое компьютерными программами *САПР*;
* *информационное*, состоящее из базы данных, СУБД, а также включающее другие данные, которые применяются при проектировании; отметим, что вся совокупность используемых при проектировании данных называется информационным фондом *САПР*, а база данных вместе с СУБД носит название банка данных;
* *лингвистическое*, выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами *САПР*;
* *методическое*, включающее различные методики проектирования; иногда к нему относят также *математическое обеспечение*;
* *организационное*, представляемое штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, которые регламентируют работу проектного предприятия.

### 

### САПР и их место среди других автоматизированных систем

#### 

#### Этапы жизненного цикла промышленных изделий

*Жизненный цикл промышленных изделий* включает ряд этапов, начиная от зарождения идеи нового продукта до утилизации по окончании срока его использования. К ним относятся этапы проектирования, *технологической подготовки производства* (ТПП), собственно производства, реализации продукции, эксплуатации и, наконец, утилизации.

На всех этапах жизненного цикла изделий имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, ТПП и производства нужно обеспечить выполнение ТЗ при заданной степени надежности изделия и *минимизации* материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики. Понятие эффективности включает в себя не только снижение себестоимости продукции и сокращение сроков проектирования и производства, но и обеспечение удобства освоения и снижения затрат на будущую эксплуатацию изделий. Особую важность требования *удобства эксплуатации* имеют для сложной техники, например, в таких отраслях, как авиа- или автомобилестроение.

Достижение поставленных целей на современных предприятиях, выпускающих сложные промышленные изделия, оказывается невозможным без широкого использования *автоматизированных систем* (*АС*), основанных на применении компьютеров и предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации о свойствах изделий и сопровождающих процессов. Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обусловливает разнообразие применяемых *АС*.

Автоматизация проектирования осуществляется *САПР*. Принято выделять в *САПР* радиоэлектронной отрасли промышленности системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа, или системами *САЕ (Computer Aided Engineering)*.Системы конструкторского проектирования называют системами *CAD (Computer Aided Design)*.Проектирование *технологических процессов* составляет часть *технологической подготовки производства* и выполняется в системах *САМ (Computer Aided Manufacturing)*.Функции *координации* работы систем *CAE*/*CAD*/*CAM*, управления проектными данными и проектированием возложены на систему управления проектными данными *PDM (Product Data Management)*.

Уже на стадии проектирования требуются услуги системы *управления цепочками поставок (SCM - Supply Chain Management)*,иногда называемой системой *Component* *Supplier* Management (CSM). На этапе производства эта система управляет поставками необходимых материалов и комплектующих.

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется *автоматизированными системами* управления предприятием (АСУП) и *автоматизированными системами* *управления технологическими процессами (АСУТП)*.К АСУП относятся системы планирования и управления предприятием *ERP (Enterprise Resource Planning)*,планирования производства и требований к материалам *MRP-2 (Manufacturing Requirement Planning)*,производственная исполнительная система *MES (Manufacturing Execution Systems)*,а также *SCM* и система управления взаимоотношениями с заказчиками *CRM (Customer Requirement Management)*.

Наиболее развитые системы *ERP* выполняют различные бизнес-функции. Они связаны с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т. п. Системы *MRP*-2 ориентированы, главным образом, на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством, а системы *MES* - на решение оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом.

На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и *покупателями*, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые изделия. Эти функции осуществляет система *CRM*. Маркетинговые задачи иногда возлагаются на систему *S&SM (Sales and Service Management)*,которая, кроме того, используется для решения проблем обслуживания изделий. На этапе эксплуатации применяют также специализированные компьютерные системы, занятые вопросами ремонта, контроля, диагностики эксплуатируемых систем.

*Автоматизированные системы* управления *технологическими процессами* контролируют и используют данные, характеризующие состояние технологического оборудования и протекание *технологических процессов*. Именно их чаще всего называют системами промышленной автоматизации.

Для выполнения диспетчерских функций (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и *технологических процессов*) и разработки ПО для встроенного оборудования в состав *АСУТП* вводят систему *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)*.Непосредственное программное управление технологическим оборудованием осуществляют с помощью системы *CNC (Computer Numerical Control)* на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование.

В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-*аппаратные средства* *АС*, направлены на создание *систем электронного бизнеса (Е-Соттеrсе)*.Задачи, решаемые системами E-*Commerce*, сводятся не только к организации на сайтах Internet витрин товаров и услуг. Они объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий. Такие системы E-*Commerce* называют системами*управления данными* в интегрированном информационном пространстве *СРС (Collaborative Product Commerce)* или *PLM (Product Lifecycle Management)*.Проектирование непосредственно под заказ позволяет добиться наилучших параметров создаваемой продукции, а оптимальный выбор исполнителей и цепочек поставок ведет к *минимизации* времени и стоимости выполнения заказа. Характерная особенность *СРС -* обеспечение взаимодействия многих предприятий, т.е. технология *СРС* является основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют *САПР*, *ERP*, *PDM*, *SCM*, *CRM* и другие *АС* разных предприятий.