

ЛЕКЦИЯ №1

Тема: «САПР технологических машин»

План:

- 1.1 Сущность процесса проектирования
- 1.2 Стадии и этапы проектирования
- 1.3 Сокращение продолжительности проектирования
- 1.4 Задачи автоматизированного проектирования
- 1.5 Автоматизация проектирования

1.1 Сущность процесса проектирования

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

Проектирование любого технологического объекта — создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта. В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты производства, промышленные изделия или процессы.

Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ), отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации.

Обычно ТЗ представляют в виде некоторых документов, и оно является исходным (первичным) описанием объекта. Результатом проектирования, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация и есть проект, т.е. окончательное описание объекта. Следовательно, проектирование — процесс, заключающийся в получении и преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характеров.

Проектирование сложных объектов основано на применении идей и принципов, изложенных в ряде теорий и подходов. Наиболее общим подходом является системный подход, идеями которого пронизаны различные методики проектирования сложных систем. В результате проектирования создаются новые, более совершенные объекты, 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.

По степени новизны различают следующие задачи проектирования:

– частичная модернизация существующего объекта (изменение его параметров, структуры и конструкции), обеспечивающая сравнительно небольшое (несколько десятков процентов) улучшение одного или нескольких показателей качества для оптимального решения тех же или новых задач;

– существенная модернизация, которая предполагает значительное улучшение (в несколько раз) показателей качества;

– создание новых объектов, основанных на новых принципах действия, конструирования и производства для резкого увеличения (на несколько порядков) показателей качества при решении тех же или существенно новых задач.

С точки зрения последовательности выполнения различают основные стадии проектирования:

- предварительное проектирование, результатом которого являются технические предложения (аван-проект). Эта стадия в наибольшей степени насыщена элементами научного поиска, теоретическими расчетами, экспериментальными исследованиями. Они завершаются обычно созданием лабораторных макетов;
- эскизное проектирование, результатом которого является эскизный проект. Поиск эффективных конструкторских решений. Эта стадия связана с большим объемом теоретических изысканий, сложных расчетов и заканчивается созданием экспериментального образца проектируемого изделия и его тщательными экспериментальными исследованиями;
- техническое проектирование, при котором выполняется тщательная проработка всех схемных, конструкторских и технологических решений.

Создается техническая документация на разрабатываемую аппаратуру и процессы ее производства. Итогом являются технический проект, содержащий необходимую документацию, и опытный образец изделий, прошедший всесторонние испытания в реальных условиях эксплуатации.

Создание технической документации, на основе которой происходит в дальнейшем единичное, серийное или массовое производство — это особенно трудоемкий процесс.

С точки зрения содержания решаемых задач выделяют следующие этапы:

- структурное проектирование, при котором выбираются и формулируются цели проектирования, обосновываются исходные данные и определяются принципы построения системы, формируется структура проектируемого объекта, его составных частей. В результате формируются и формулируются частные технические задания на проектирование отдельных составных частей объекта;
- функциональное проектирование, имеет целью аппаратную реализацию составных частей системы (комплексов, устройств, узлов). При этом выбирают элементную базу, принципиальные схемы и оптимизируют параметры (осуществляют структурный и параметрический синтез схем) с точки зрения обеспечения наилучшего функционирования и эффективного производства.
- конструирование, называемое также техническим проектированием, решает задачи компоновки схем и размещения элементов и узлов, соединений узлов, также задачи теплоотвода, защиты от внешних воздействий и т. п. При этом стремятся оптимизировать принимаемые решения по конструктивно-технологическим, экономическим и эксплуатационным показателям. На этом этапе проектирования разрабатывают техническую документацию, необходимую для изготовления и эксплуатации гидро- пневмосистемы.
- технологическая подготовка производства обеспечивает разработку технологических процессов изготовления отдельных блоков и всей системы в целом. На этом этапе проектирования создается технологическая документация на основе предшествующих результатов.

Этапы проектирования состоят из отдельных проектных процедур, которые заканчиваются частным проектным решением. Типичными для проектирования ГПС процедурами являются анализ и синтез описаний различных уровней и аспектов.

Процедура анализа состоит в определении свойств заданного (или выбранного) описания. Примерами такой процедуры могут служить расчет переходных процессов в гидросистеме, определение реакции системы на заданное воздействие. Анализ позволяет оценить степень удовлетворения проектного решения заданным требованиям и его пригодность.

Процедура синтеза заключается в создании проектного решения (описания)

по заданным требованиям, свойствам и ограничениям. При этом в процессе синтеза может создаваться структура схемы (структурный синтез) либо определяться параметры элементов заданной схемы, обеспечивающие требуемые характеристики (параметрический синтез).

Процедуры анализа и синтеза в процессе проектирования тесно связаны между собой, поскольку обе они направлены на создание приемлемого или оптимального проектного решения. Важной проектной процедурой является оптимизация, которая приводит к оптимальному (по определенному критерию) проектному решению.

Процедура оптимизации состоит в многократном анализе при целевом изменении параметров схемы до удовлетворительного приближения к заданным характеристикам. Оптимизация обеспечивает создание (синтез) проектного решения, но включает поэтапную оценку характеристик (анализ).

1.2 Стадии и этапы проектирования

Жизненный цикл изделия – это период времени (рис. 1.1), проходящий с начала его разработки до момента вывода данного типа изделий из эксплуатации. Жизненный цикл изделия может быть поделён на отдельные периоды времени.



Рис. 1.1. Графическое представление жизненного цикла изделия

Стадия внешнего проектирования – период, в течение которого происходит изучение перспектив появления спроса на изделие с предполагаемым назначением и характеристиками, формирование требований к изделию и разработка технического задания на его проектирование. На этой стадии проектирования выбираются принцип действия, техническое решение и оптимальные значения параметров.

Содержание стадии: выяснение назначения изделия, уточнение круга решаемых с его помощью задач, исследование финансовой

целесообразности его разработки, исследование свойств внешней среды, в которой изделие предстоит функционировать, изучение вероятных характеристик процессов взаимодействия среды с изделием, формирование начальных представлений об облике и возможностях изделия.

Выход стадии – техническое задание (ТЗ), т.е., экономическое обоснование целесообразности разработки изделия и техническое задание на его проектирование, т.е. исходное описание, содержащее сведения о назначении изделия, требования к его характеристикам, сведения о результатах проведенных исследований, условия испытаний, правила ввода в действие и эксплуатации (в том числе допустимые диапазоны изменения внешних переменных).

Стадия внутреннего проектирования – период, в течение которого разрабатывается описание проектируемого изделия, необходимое и достаточное для его изготовления (такое описание называют «рабочий проект»), и уточняется экономическое обоснование целесообразности его выпуска.

Содержание стадии: уточнение внешнего облика изделия, определение его внутренней структуры, выбор технических решений по элементам конструкции изделия, по значениям технических параметров и режимам эксплуатации, а также уточнение объёма затрат по всем статьям расходов и экономического эффекта, ожидаемого от эксплуатации изделия.

Выход стадии – рабочий проект изделия, т.е. комплект проектно-конструкторской и технологической документации, необходимой и достаточной для серийного изготовления изделия, удовлетворяющего требованиям технического задания (такой комплект документации иногда также называют «окончательное описание изделия»), и технико-экономическое обоснование целесообразности его производства.

Большой объём работ на этой стадии обуславливает её разделение на *три этапа*:

1- этап предэскизного (или предварительного) проектирования предусматривает формирование технической концепции и основных параметров, фиксирующих облик изделия, устранение неувязок в требованиях технического задания, согласование требований технического задания с возможностями внутреннего проектирования.

Выход этапа – техническое предложение на проектирование изделия (ТП);

2- этап эскизного проектирования предусматривает уточнение параметров и характеристик изделия, необходимое вследствие проектно-

конструкторской проработки его основных агрегатов и узлов, формирования их облика, сопровождаемого комплексом экспериментальных исследований и расчётов.

Выход этапа – эскизный проект изделия (ЭП);

3- этап рабочего проектирования предусматривает проработку конструкций всех агрегатов, узлов и деталей изделия, а также технологии их изготовления и сборки. Выход этапа – рабочий проект изделия (РП).

Технико-экономические расчёты ведутся параллельно рабочему проектированию на каждом из этапов и их результаты постоянно анализируются.

Стадия изготовления и испытаний опытного образца (или партии) – период, в течение которого изготавливается и испытывается один или несколько образцов изделия.

Содержание стадии: изготовление опытного образца изделия с одновременной отладкой и корректировкой конструкторской и технологической частей рабочего проекта, испытания опытного образца (или партии изделий) в лабораторных и/или полевых условиях для выявления конструктивных недостатков и технологических недоработок, а также для уточнения значений параметров изделия и их соответствия техническому заданию.

Выход стадии – рабочий проект экономически эффективного изделия (РП+), скорректированный с учётом выявленных конструктивных и технологических недостатков, полностью адаптированный к условиям конкретного производства.

Стадия серийного выпуска и эксплуатации изделия – период, в течение которого ведётся серийное производство изделия с параллельной его эксплуатацией.

Содержание стадии: серийный выпуск изделий и передача их в эксплуатацию, сопровождающиеся выявлением дефектов конструкции изделия, недостатков в обеспечении его надёжности и долговечности, технологических просчётов.

Выход стадии – документация на модернизацию изделия и технологии его изготовления.

1.3 Сокращение продолжительности проектирования

Интенсификация производства требует все ускоряющейся смены существующих технических систем новейшими, сроки морального старения их постоянно сокращаются, но продолжительность стадии эксплуатации сокращаться не может, так как сохраняется необходимость получения от

их эксплуатации прибыли, покрывающей прошлые расходы и обеспечивающей создание нового поколения систем и повышение жизненного уровня их изготовителей. Таким образом, возникает объективная необходимость сокращения продолжительности стадий, связанных с проектированием и наладкой процесса изготовления изделий.

Добиться этого позволяют следующие технические средства.

Автоматизированные Поисковые Системы (АИПС), предназначенные для хранения архива научно-технических и инженерных решений и автоматического поиска решений по поисковым признакам на стадиях внешнего и внутреннего проектирования изделия.

Автоматизированные Системы Научных Исследований (АСНИ), предназначенные для управления экспериментальным оборудованием, регистрации, хранения и обработки любых массивов экспериментальных данных, а также для визуализации и документирования обработанных результатов экспериментов на стадиях внешнего и внутреннего проектирования и опытного производства изделия.

Системы Автоматизированного Проектирования (САПР), предназначенные для выполнения многовариантных расчётов, подготовки и изготовления чертёжной документации, а также внесения изменений и дополнений в уже готовую документацию на стадиях внешнего и внутреннего проектирования изделия.

Автоматизированные Системы Технологической Подготовки Производства (АСТПП), предназначенные для хранения архива технологических решений, их поиска и составления из них технологических маршрутов, подбора и комплектации технологического оборудования, расчёта режимов обработки, выбора инструмента и оснастки на стадиях опытного и серийного производства изделия.

Гибкие Автоматизированные Производства (ГАП), предназначенные для изготовления деталей, а также сборки узлов, агрегатов и изделий в целом и обеспечивающие сокращение времени на переналадку оборудования и подготовку производства к выпуску новых изделий на стадиях опытного и серийного производства изделия. Все перечисленные системы помогают человеку решать на разных стадиях и этапах жизненного цикла изделия задачи, связанные с его проектированием, и поэтому могут рассматриваться как средства автоматизированного проектирования.

1.4 Задачи автоматизированного проектирования

Автоматизация конкретного процесса проектирования предполагает решение следующих задач:

1. разработка концепции приспособления проектных задач к возможностям имеющейся системы автоматизированного проектирования с помощью специальных приёмов разделения процесса проектирования на иерархические уровни и аспекты и с учётом сохранения за человеком проектных процедур, не поддающихся формализации или требующих неприемлемых затрат времени или средств;
2. разработка математического обеспечения, объединяющего математические модели, методы и алгоритмы, для выполнения необходимых проектных процедур;
3. разработка и комплектование технических средств и специализированной аппаратуры, отвечающих требованиям автоматизированного проектирования;
4. разработка операционных систем, пакетов прикладных программ, программно-информационного обеспечения банков данных.

1.5 Автоматизация проектирования

Автоматизация проектирования осуществляется САПР.

Принято выделять в САПР инженерной механики системы функционального, конструкторского и технологического проектирования (рис. 1.2).

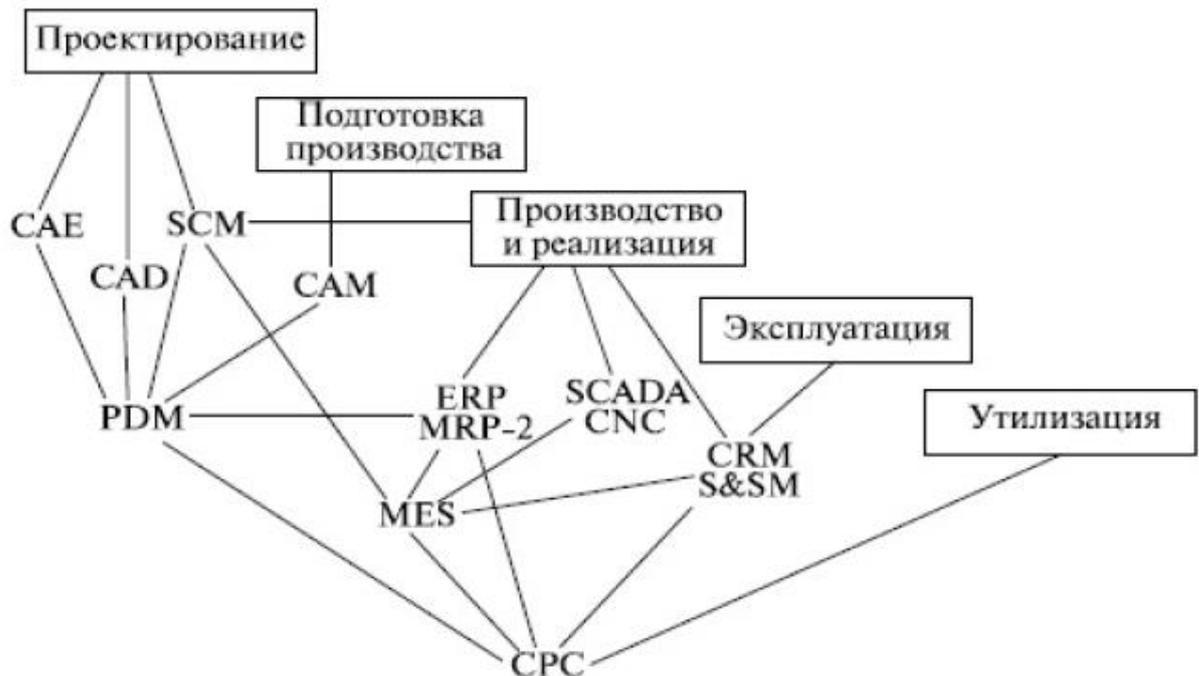


Рис. 1.2. Системы проектирования САПР

Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа, или системами **CAE (Computer Aided Engineering)**.

Системы конструкторского проектирования называют системами **CAD (Computer Aided Design)**.

Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в системах **CAM (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:

- планирование 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 (**E-Commerce**). С помощью E-Commerce объединяют в едином информационном пространстве:

- запросы заказчиков
- 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 **CPC (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.

—

Рекомендуемая литература:

1. Коллектив авторов. Конспект лекций Системы автоматизированного проектирования технологических машин. Донецк, 2017.
2. Основы автоматизированного проектирования: учеб. Пособие / К.К. Шестопалов, А.Н. Новиков. – 2 изд., испр. – М.: МАДИ, 2017. – 96 с.