 **Дисциплина**
«Теоретические
ОСНОВЫ
проектирования и
надежности РЭС»»

*Лекции, практические занятия, лабораторные занятия и
курсовое проектирование (всего 142 часа)*

Старший преподаватель каф. Э и ЭТ

Алексеева Т.А.

** Теоретические подходы при создании РЭС различной степени сложности и использующие различные принципы функционирования приобретают на современном этапе развития электронной техники все большее значение, ибо позволяют быстрее и с лучшим качеством создавать современную аппаратуру общего и специального назначения. Поэтому знать теоретические основы создания РЭС современному инженеру необходимо.*

*** Вводное занятие
ТОП и Н РЭС**

* Предметом изучения являются инженерные математические основы конструирования, технологии и эксплуатации РЭС. Задача данной дисциплины состоит в изложении *математических методов (подходов), используемых для анализа, синтеза и оптимизации процессов конструирования и технологии производства РЭС с целью повышения ее качества.*

* Предметом изучения в курсе являются инженерные математические основы конструирования и разработки технологии производства РЭС (ЭВС), как необходимые компоненты большой системы проектирования, производства и эксплуатации РЭС (ЭВС), а именно методы:

* системного подхода к анализу больших систем;

* теоретического и экспериментального анализа конструкций и технологических процессов по их математическим моделям;

* оптимизации решений при конструировании и разработке технологии производства РЭС (ЭВС);

* экспериментального исследования конструкции и технологических процессов, научного планирования эксперимента;

* прогнозирования состояния и качества РЭС (ЭВС);

* анализа надежности и эффективности РЭС (ЭВС).

* **Вводное занятие
ТОП и Н РЭС**

- * Полученные при изучении курса знания предназначены для того, чтобы в *последующих конструкторско-технологических курсах* использовать :
- * современные математические методы системного подхода,
- * вероятностно-статистического анализа,
- * математического моделирования и вычислительного эксперимента, теории надежности и оптимизации.
- * Все это в сочетании с физическими представлениями и эвристическими (интуитивными) приемами, излагаемыми в конструкторско-технологических курсах, позволит студентам овладеть современными диалоговыми системами автоматизированного конструирования и технологической подготовки производства РЭС (ЭВС). Именно на такой основе возможно проведение всесторонних проектных исследований конструкций и технологии с целью получения РЭС (ЭВС) высокой надежности и конкурентоспособности.

*** Вводное занятие
ТОП и Н РЭС**

- * Современное представление об управлении процессом дискретного материального производства предполагает выделение двух функционально отличных типов управляющих воздействий в общей системе управления производством.
- * Организационное управление—пространственно-временная координация производственного процесса, ставящая целью решение задачи организационно-экономического воздействия путем оптимального планирования, контроля, повышения эффективности эксплуатации оборудования, материального и морального стимулирования. Управляющая информация, вырабатываемая на этом канале управления, призвана ответить на вопросы: где и когда будет производиться продукт и сколько его будет произведено.
- * Технологическое управление - функционально связано с продуктом производства и отвечает на два главных вопроса: что производить и как.
- * Система, вырабатывающая эту информацию, известна под названием системы технической подготовки производства (СТПП) и в свою очередь функционально разделяется на две системы: конструкторской подготовки (что производить, КПП) и технологической (как производить, ТхПП).
- * **Роль и место технической подготовки производства (ТПП) в структуре приборостроительного предприятия**

* *Схема модели системы подготовки производства включает следующие функциональные составляющие:*

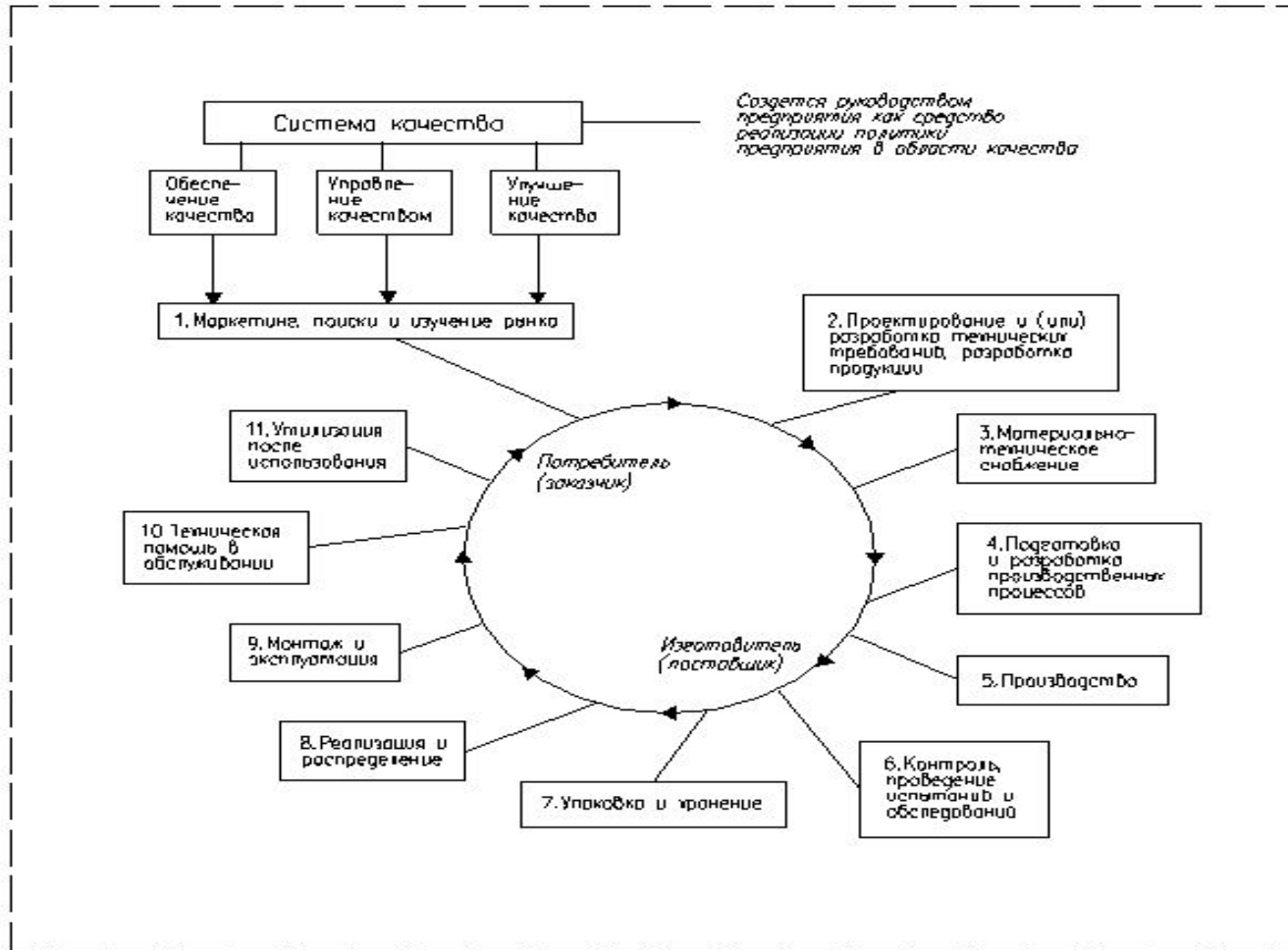
- * обеспечение технологичности конструкции изделия с разработкой ведомости технологической оценки конструкции изделия и протокола отработки конструкции изделия на технологичность;
- * структурный анализ изделия с разработкой ведомости классификационной структуры изделия, ведомости состава изделия и ведомости заимствованных деталей и сборочных единиц;
- * технологический анализ производства путем разработки ведомости производственной характеристики цехов и расчета производственных мощностей цехов;
- * организация и управление технологической подготовкой производства с разработкой графика освоения нового изделия и ведомости укрупненных объемов работ;
- * проектирование технологических процессов в зависимости от типа производства (индивидуальное, серийное, массовое), его вида (механической обработки, штамповки, сварки и т.д.) и оснащенности (для станков с ЧПУ, станков-автоматов и т.д.);
- * разработка технологических инструкций, технических заданий на специальную оснастку, технических заданий на специальное оборудование, ведомостей оснастки и оборудования и проектирование средств технологического оснащения;
- * разработка технологических нормативов;
- * изготовление средств технологического оснащения;
- * отладка технологического комплекса.

*** Интегрированная автоматизированная система управления предприятием** должна рациональным образом взаимодействовать с системами обеспечивающими как подготовку производства, так и управление качеством продукции, а также выполнять рассмотренные функции и решать поставленные задачи.

*** Роль и место технической подготовки производства (ТПП) в структуре приборостроительного предприятия**

Политика предприятия
в области качества

Формируется высшим
руководством предприятия



* Роль и место технической подготовки производства (ТПП) в структуре приборостроительного предприятия

* КПП охватывает задачи по разработке новых и модернизации старых изделий. К этим задачам относятся:

* Управление процессами

* Разработка технического задания на новые изделия

* Эскизное, техническое и рабочее проектирование изделий.

* Стандартизация элементов конструкции и конструкторской документации.

* Управление и изменение конструкторской документации.

* Роль и место технической подготовки производства (ТПП) в структуре приборостроительного предприятия

- * ТхПП включает комплекс работ по проектированию и совершенствованию действующих технологических процессов, оснастки и технологического оборудования, расчету сводных материальных и трудовых нормативов техническому сопровождению изготавливаемых изделий. В наиболее полном объеме она охватывает:
- * Управление ТхПП.
- * Отработку изделия на технологичность.
- * Разработку производственной структуры предприятия.
- * Проектирование технологических процессов изготовления и сборки.
- * Техническое нормирование.
- * Проектирование специального инструмента и оснастки.
- * ТхПП инструмента и оснастки.
- * Изготовление инструмента и оснастки и их внедрение.
- * Расчет производственных мощностей и сводных технологических нормативов изделия.
- * Подготовка программ для оборудования с ЧПУ.
- * Типизацию и нормализацию технологических процессов и предприятия

*** В результате выполнения своих функций СТПП создает информационный базис в виде:**

- * нормативно-технических данных, необходимых для организации управления всем процессом производства в целом, включая :
- * экономическое, материально-техническое снабжение, организацию производства. Если в контуре организационного управления обратная связь главным образом обеспечивает поддержание заданного хода производства, то в контуре **технического управления** она на основе анализа технологических процессов и поведения изделия в процессе производства создает информацию, которая является исходной для решения задачи совершенствования, как самого процесса, так и повышения технологичности выпускаемых изделий.

*** Роль и место технической подготовки производства (ТПП) в структуре приборостроительного предприятия**

- * РЭС - сложные системы, проектирование которых трудоемкий процесс. Поэтому выполнение проектных работ должно быть распределено как во времени, так и между подразделениями проектного предприятия и между отдельными рабочими.
- * Разделение работ во времени приводит к разделению на этапы. Разделение работ между подразделениями производится на основе *блочно-иерархического подхода к проектированию*, обуславливающего выделение в процессе проектирования ряда уровней, *блочно-иерархический подход* позволяет общую сложную задачу проектирования объекта свести к совокупности более простых задач, доступных для решения с помощью имеющихся средств проектирования.

* Уровни и этапы проектирования

* Уровни проектирования можно выделять по степени подробности, с которой отражаются свойства проектируемого объекта. Тогда их называют горизонтальными (иерархическими) уровнями проектирования. Выделение горизонтальных уровней лежит в основе блочного-иерархического подхода к проектированию.

* Уровни и этапы проектирования

* Горизонтальным уровням свойственно следующее:

- * При переходе с некоторого уровня $K1$, на котором рассматривается система S , на соседний более низкий уровень $K2$ происходит разделение системы S на блоки S_j и рассмотрение вместо системы S ее отдельных блоков S_j .
- * Рассмотрение каждого из блоков S_j на уровне $K2$ с большей степенью детализации чем на уровне $K1$.
- * Использование понятий системы и элемента на каждом уровне: если на уровне элементами проектируемой системы S считались блоки S_j , то на соседнем низшем уровне $K2$ те же блоки S_j рассматриваются как системы.

- * Уровни проектирования можно выделять также по характеру учитываемых свойств объекта. Тогда их называют **вертикальными уровнями проектирования**. При проектировании РЭС **основными вертикальными уровнями являются:**
- * **Функциональное (схемное) проектирование** - связано с разработкой структурных, функциональных и принципиальных схем. В случае РЭА при функциональном проектировании определяются основные особенности структуры, принципы функционирования, важнейшие параметры и характеристики объекта.
- * **Конструкционное проектирование** - включает в себя вопросы конструкторской реализации результатов функционального проектирования, т.е. вопросы выбора форм и материалов оригинальных деталей, выбор типоразмеров унифицированных деталей, пространственное расположение составных частей, обеспечивающее заданное взаимодействие между ними.
- * **Технологическое проектирование** - охватывает вопросы реализации конструкционного проектирования, т.е. вопросы технологических процессов изготовления изделий.
- * При проектировании ЭВМ к этим уровням добавляется **программное (алгоритмическое) проектирование**. Оно связано с разработкой алгоритмов работы ЭВМ, с созданием их общего математического обеспечения.
- *

- * Процесс проектирования сложных систем разбивается на следующие этапы:
- * Этап научно-исследовательских работ- новая система не имеет аналогов или должна превосходить их. И в том и в другом случае необходимо проводить ряд научных исследований, связанных с поиском принципиальных возможностей построения системы. Новые физические процессы результат-техническое предложение.
- * Этап эскизного проектирования-вырабатывание эскизного проекта, где детальная обработка дает возможность построения системы.
- * Этап технического проектирования.
- * Кроме названных этапов в серийном производстве выделяют этапы изготовления, испытание нового образца (пробной серии).
- * В зависимости от порядка, в котором выполняются этапы проектирования, различают восходящее и нисходящее проектирование.
- * Восходящее-решение задач от более низких иерархических уровней к более высоким (деталь—блок—устройство—комплекс). Нисходящее-наоборот, от главных блоков к элементам.

* Уровни и этапы проектирования

**Соотношение затрат времени в зависимости от
проектных процедур**

<u>Наименование проектной процедуры</u>	<u>Время отдельной операции, %</u>	<u>Затраты времени</u>
Проектирование / конструирование	15	ПРЯМЫЕ
Расчеты	4	
Вычерчивание	33	
Прочие работы	10	
Составление спецификаций	5	КОСВЕННЫЕ
Контроль чертежей	6	
Поиск повторяющихся деталей	2	
Составление описания	12	
Предварительное нормирование	3	
Поиск аналогов проекта	1	
Переписка	3	
Прочие работы	6	

* Уровни и этапы проектирования

* Существующие методы проектирования делятся на две группы:

* Эвристические.

* Алгоритмические.

* Эвристические методы - способствуют исключительно деятельности человека, направленной на решение вопросов, возникающих при рассмотрении задачи. Они представляют собой упорядоченные в какой-то мере правила и рекомендации. Помогающие при решении задачи без предварительной оценки результата.

* Наиболее распространены:

* Метод элементарных вопросов.

* Метод аналогий.

* Метод «от целого к частному» (принцип синергии).

* Метод наводящих операций.

* **методы проектирования**

* Метод

* Алгоритмические методы - относительно больше формализованы. Эти методы создают рациональный переход от замкнутого мышления к открытому рассуждению. Они используют возможности дедукции, стремятся к определению операций и их очередности, а также связи между операциями. В результате создается ряд последовательных и приближающих к цели процедур (логических и математических алгоритмов).

* методы проектирования

* Наиболее распространенными принципами алгоритмизации проектных процедур являются:

* Графы зависимости.

* Сетки связей.

* Через разделение к целому.

* Элементарные комбинации.

* Исключение избыточности.

* Структурные карты.

* Морфологические карты.

* Математические модели.

* Прямая минимизация при косвенном ограничении.

* Сложная оптимизация.

* **методы проектирования**

- * При выборе методов решения в процессе проектирования РЭС следует различать единичное, вариантное и оптимальное конструирование.
- * При единичном конструировании на основании технической характеристики необходимо искать пути решения, сравнивая полученный проект с заданием, при этом различные варианты не сопоставляются.
- * Вариантное конструирование характеризуется тем, что разрабатывается общий принцип решения, а для решения конкретной задачи берется один из возможных вариантов общего решения. Вариации могут заключаться, например, в том, что по-разному komponуются имеющиеся унифицированные узлы. Вариации принципов решения можно распространять также на создание по установленному плану новой компоновки изделия
- * Оптимальное конструирование отличается от вариантного стратегией поиска. Стратегия поиска - это алгоритм, реализующий получение альтернативных решений, улучшающихся в отношении заданной целевой функции.

*

*

* методы проектирования

* Требования, предъявляемые к процессу проектирования

- * Для оценки эффективности применяемых методов проектирования по сравнению с другими методами имеются следующие критерии:
- * Качество проектирования
- * Сроки разработки
- * Стоимость проектирования
- * Число занятых специалистов-разработчиков

* Требования, предъявляемые к процессу проектирования

* Задачи, решаемые на каждом уровне блочного-иерархического проектирования, делятся на задачи синтеза и анализа.

Задачи синтеза связаны с получением проектных вариантов. Задачи анализа-с их оценкой.

* Различают синтез параметрический и структурный.

* Схема процесса проектирования

- * Цель структурного синтеза-получение структуры объекта, т.е. состава его элементов и способа их связи их с собой.
- * Цель параметрического синтеза-определение числовых значений параметров элементов.
- * Если ставится задача определения полученной в некотором процессе структуры и (или) значений параметров, то такая задача синтеза называется оптимизацией.

* Схема процесса проектирования

* Часто оптимизация связана только с параметрическим синтезом, т.е. с расчетом оптимальных параметров при заданной структуре объекта. Чтобы подчеркнуть такой характер оптимизации ее называют параметрической оптимизацией. Задачу выбора оптимальной структуры называют структурной оптимизацией.

* Схема процесса проектирования

- * Задачи анализа при проектировании являются задачами исследования модели проектируемого объекта. Модели могут быть физическими (макеты, стенды) и математическими.
- * Математическая модель-совокупность математических объектов (чисел, переменных, векторов, множеств и т.п.) и отношений между ними, которые адекватно отображают свойства проектируемого объекта, интересующего инженера-проектировщика.

* Схема процесса проектирования

* Математические модели объектов:

- * **Функциональные**-отображают физические или информационные процессы, протекающие в моделируемом объекте. Функциональные модели объектов чаще всего представляют собой системы уравнений.
- * **Структурные**-отображают только структурные (в частном случае геометрические) свойства объекта. Структурные модели-это графы, матрицы и т.д.
- * **Математическую** модель объекта, полученную в результате объединения математических моделей элементов в систему, называют **полной математической моделью**. Упрощение полной математической модели объекта дает его **макромодель**.

* **Схема процесса проектирования**

* Фигурирующие в математических моделях объекта величины называют параметрами. Большое значение при описании объекта имеют параметры, характеризующие свойства элементов. Параметры, характеризующие свойства системы, называются входными параметрами. Параметры, характеризующие свойства внешней по отношению к рассматриваемому объекту среды, называются внешними параметрами.

* Обозначим через X, Q, Y векторы соответственно внутренних, внешних и входных параметров. Тогда можно записать:

$$* Y = F(X, Q)$$

Если эта функция известна и может быть представлена в явной форме, то ее называют аналитической моделью.

* Схема процесса проектирования

* В задачах проектирования аналитические модели удается получать лишь в редких случаях. Поэтому используются алгоритмические модели, в которых отображение (1) реализуют в виде алгоритма.

* Задачи анализа разнообразны.

* При одновариантном проектировании исследуются свойства объекта в заданной точке пространства параметров, т.е. при заданных значениях внутренних и внешних параметров. К задачам одновариантного анализа относят

* анализ статистических состояний,

* переходных процессов,

* режимов колебаний и устойчивости.

* **Схема процесса проектирования**

* При многовариантном анализе исследуются свойства объекта в окрестности заданной точки пространства параметров. Типовыми задачами многовариантного анализа является статистический анализ и анализ чувствительности.

* Схема процесса проектирования

* Исходные данные для проектирования на очередном уровне зафиксированы в техническом задании (ТЗ), включающем:

* Перечисление функций объекта

* Технические требования $ТТ_j$ на выходные параметры $У_j$

* Допустимые диапазоны изменения внешних параметров

* **Схема процесса проектирования**

* Анализ модели позволяет принять то или иное решение в дальнейших действиях. Если получено приемлемое условие выполнения работоспособности. То синтезируемый на данном этапе вариант считается окончательным. Следовательно, можно приступить к *оформлению ТД* и перейти к следующему уровню проектирования.

* Если удовлетворительный результат еще не достигнут, принимается решение о дальнейшем улучшении объекта (2 пути):

* Изменение значений параметров элементов

* Изменение структуры объектов

* Процесс проектирования носит итерационный характер (последовательное улучшение результата).

* Схема процесса проектирования