

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

---

**Смоленск – 2021 г.**

**Методические материалы составил:**

Старший преподаватель кафедры  
«Электроника и микропроцессорная техника»

Смолин Владимир Алексеевич  
ФИО

«28» сентября 2021 г.

**Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**

подпись

Якименко Игорь Владимирович  
ФИО

«08» октября 2021 г.

## 1. Методическое обеспечение лекций

Цель лекций – изучение понятийного аппарата, основных теоретических положений и методов изучаемой дисциплины, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Комплект лекций расположен по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/folders/17bz1EFrj8BWlwmw6v0QYsYchpYg9hG-?usp=sharing>

### Фрагмент лекции

<p><b>Отклонение параметров выходного сигнала от номинала</b></p> <p>Электронные устройства являются функциональными устройствами, выходной сигнал которых является функцией параметров комплектующих, входящих в это устройство, от точности которых зависит и точность реализации заданной функции.</p> <p>Отклонение параметров выходного сигнала электронных устройств от номинала рассчитывается для заданных функциональных зависимостей, аргументы которых являются справочными параметрами используемых компонент.</p> <p>Для решения этой задачи привлекается аппарат дифференциального исчисления. Его применение основано на следующем предположении: если абсолютные погрешности достаточно малы в сравнении со значениями самих величин <math>x_i</math>, а функция <math>Y = f(x_1, \dots, x_n)</math> непрерывна во всей области измерений, то абсолютная погрешность <math>\Delta Y</math> тоже мала. Поэтому, если величины рассматривать как малые приращения аргументов <math>\Delta x_i</math> соответствующая погрешность <math>\Delta Y</math> примет вид <math>\Delta Y</math>, а связь между ними определяется соотношением</p> $\Delta Y_{\max} = \frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n$ <p>Частные производные по каждому аргументу <math>x_i</math> характеризуют чувствительность функции к его отклонению от номинального значения.</p>	<p><b>Коэффициент чувствительности</b></p> <p>Коэффициент чувствительности (функция чувствительности или просто чувствительность) представляет собой количественную оценку изменения функции <math>Y(x_1, \dots, x_n)</math>, характеризующей работу электронного устройства (ЭУ) при заданном изменении параметров его компонент <math>x_i</math>.</p> <p>Необходимость расчета функции чувствительности возникает при необходимости учета влияния на характеристики ЭУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• технологических разбросов параметров комплектующих АЭУ,</li> <li>• отклонения параметров комплектующих из-за влияния факторов окружающей среды (температуры, влажности, радиации и т.д.).</li> </ul> <p>Коэффициент чувствительности <math>S_i</math> параметра функции <math>Y</math> к изменению параметра компонента <math>x_i</math> определяется как частная производная</p> $S_i = \partial Y / \partial x_i$
<p><b>Абсолютное отклонение выходного параметра</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Абсолютное отклонение выходного параметра <math>Y</math> при отклонении одного параметра <math>x_i</math> определится как</li> </ul> $\Delta Y_i = (\partial y / \partial x_i) \Delta x_i$ <p>или</p> $\Delta Y_i = S_i \Delta x_i$ <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Абсолютное отклонение выходного параметра <math>Y</math> при отклонении всех параметров <math>x_i</math> определится как</li> </ul> $\Delta Y_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i$ <p>или</p> $\Delta Y_{\max} = \sum_{i=1}^n S_i \Delta x_i$	<p><b>Относительное отклонение</b></p> $\delta Y = \frac{\Delta Y}{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i x_i}{Y} \cdot \frac{\Delta x_i}{x_i} = \sum_{i=1}^n S_i^r \cdot \delta x_i, \quad \text{где} \quad \delta x_i = \frac{\Delta x_i}{x_i}$ <p>Выражение</p> $S_i^r = \frac{S_i x_i}{Y}$ <p>называется <b>относительной (relative) чувствительностью</b> к изменению параметра компонента <math>x_i</math>.</p> <p>Значение <b>относительного отклонения выходного параметра <math>\delta Y</math></b> при использовании значений относительной чувствительности для параметров всех комплектующих проектируемого устройства определится как:</p> $\delta Y = \frac{\Delta Y}{Y} = \sum_{i=1}^n S_i^r \cdot \delta x_i, \quad \text{где} \quad \delta x_i = \frac{\Delta x_i}{x_i}$

## 2. Методическое обеспечение лабораторных работ

Цель лабораторных работ – закрепление лекционного материала, привитие навыков применения теоретических знаний для решения научно-исследовательских задач, необходимых для освоения закрепленных компетенций.

Задания на лабораторные работы расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/folders/17bz1EFrj8BWlwmw6v0QYsYchpYg9hG-?usp=sharing>

### Пример задания на лабораторную работу

#### Проектирование схемы электрической принципиальной электронного модуля

Цель работы: проведение схемотехнической разработки электронного модуля.

Подготовка к выполнению работы:

1. Работа выполняется по индивидуальному заданию.

Для начала проектирования предварительно должно быть разработано ТЗ на разработку, определены параметры, включаемые в ТУ.

2. Постройте структурную и функциональную схемы модуля без оформления в виде чертежей.

3. Подготовьтесь к работе над схемой электрической принципиальной – скопируйте необходимые справочные данные на элементы схемы, разберитесь с особенностями работы элементов.

Задание

1. Постройте библиотечные компоненты, необходимые для реализации схемы, воспользовавшись соответствующими программами САПР. Занесите в отчет краткое описание этапов создания и редактирования библиотечных компонентов, скриншоты настроечных окон с пояснением настроек и возможных вариантов выбора.

2. Просмотрите дерево проекта, убедитесь в наличии всех составляющих элементов схемы, скомпонованных в виде библиотеки проекта. Если обнаружено отсутствие библиотечных компонентов либо их отдельных составляющих, вернитесь к выполнению предыдущего пункта.

3. Проверьте настройки рабочего пространства схмотехнического редактора, при необходимости скорректируйте их.

4. Постройте схему электрическую принципиальную, соблюдая привязку к слоям. При построении схемы используйте результаты предыдущей работы в плане настроек рабочего пространства и соблюдения требований стандартов. Рисование следует начинать с левого верхнего угла, при этом автоматическая нумерация элементов будет отвечать требованиям ЕСКД. Старайтесь рационально использовать рабочее пространство, избегая слишком плотной и слишком свободной компоновки элементов, а также электрических связей.

5. Проверьте работу системы DRC при рисовании схемы, оцените ее возможности. Проведите визуальный контроль нарисованной схемы, отредактируйте надписи и обозначения элементов.

6. Выгрузите NET лист для использования в следующей лабораторной работе. При появлении в процессе выгрузки NET листа предупреждающих сообщений, разберитесь с причиной предупреждений и устраните проблему. Откройте полученный файл для просмотра в текстовом редакторе. Разберитесь в структуре NET листа, занесите в отчет соответствующие комментарии.

### **3. Методическое обеспечение проведения зачета с оценкой**

Зачет с оценкой является заключительным этапом изучения дисциплины и имеет цель оценить уровень теоретических знаний обучаемых, их навыки и умения применять полученные знания при решении практических задач, а также оценить уровень освоения компетенций, закрепленных за дисциплиной.

Вопросы для подготовки к зачету расположены по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/folders/17bz1EFrj8BWlwlmw6v0QYsYchpYg9hG-?usp=sharing>