

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)»



**Кафедра конструирования  
и производства радиоаппаратуры**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой КИПР

\_\_\_\_\_ **В.М. Карбан**

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств**

Методические указания по организации самостоятельной работы  
для магистров направления подготовки 11.04.03 – Конструирование и  
технология электронных средств», по профилю «Инновационные технологии  
в микро- и наноэлектронике»

Разработчик:

Доцент кафедры КИПР

\_\_\_\_\_ **Ю.П. Кобрин**

Томск 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ВВЕДЕНИЕ .....	3
2	КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
3	УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЕ .....	5
4	РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	7

## 1 Введение

Виды учебной работы по дисциплине «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств»: лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Изучение дисциплины заканчивается зачётом в 2 семестре.

**Целью дисциплины** «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств» является изучение методов моделирования и оптимизации конструкций и технологических процессов производства электронных средств, приобретение навыков использования методов моделирования и оптимизации при решении различных задач.

**Задачи дисциплины** «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств»:

- ознакомить с существующими методами моделирования систем и процессов;
- освоение основных правил моделирования и умение применять их на практике;
- приобретение магистрами необходимых знаний, формирующих их кругозор и достаточную эрудицию по теории и практике моделирования электронных схем и технологических процессов;
- привитие магистрам навыков моделирования и оценки решений при построении структур сложных систем, их компонентов и технологических процессов;
- ознакомить с существующими методами оптимизации;
- ознакомить с существующими пакетами прикладных программ, позволяющих выполнять моделирование и оптимизацию.
- способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- способностью осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области конструирования и технологии электронных средств, проводить анализ патентной литературы;
- способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования.

Выполнение перечисленных выше требований невозможно без значительной самостоятельной работы магистра.

Одной из центральных задач современного образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, творческому применению полученных знаний, что возможно путём усиления роли самостоятельной работы магистров. Именно в процессе самостоятельной работы происходит наиболее важная часть переработки и преобразования полученной на лекциях и лабораторно-практических занятиях информации в глубокие и прочные знания, умения и навыки. Самостоятельная работа обеспечивает непрерывность и системный характер познавательной деятельности, развивает творческую активность будущих специалистов.

**Самостоятельная работа магистров** – это планируемая активная работа магистров, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Она предназначена не только для глубокого самостоятельного овладения дисциплиной «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств», но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще - в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения.

Самостоятельная работа магистров базируется на серьезной и устойчивой мотивации - эффективная профессиональная деятельность невозможна без использования современных информационных технологий моделирования конструкций и технологических процессов производства электронных средств. Магистр должен понимать, что результаты его работы напрямую могут быть востребованы при выполнении магистерского проекта и являются основой успешной организации своей деятельности после окончания университета.

## **2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

- готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы (**ОПК-5**).

В результате освоения дисциплины магистрант должен демонстрировать освоение указанными компетенциями по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим модулям дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

### **Знать:**

- место и значение проектирования и технологии электронных средств в современном мире;

- классификацию методов моделирования конструкций и процессов, а также классификацию оптимизационных задач с точки зрения вида критерия, наличия и вида связей и ограничений;

- наиболее эффективные численные методы моделирования и решения задач математического программирования и оптимального проектирования;

- особенности и методы решения задач дискретной и многокритериальной оптимизации.

Результатом освоения является способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно - производственного профиля своей профессиональной деятельности; способность проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты;

**Уметь:**

- разрабатывать математические модели процессов и объектов, методы их исследования, выполнять их сравнительный анализ; анализировать технологические процессы производства ЭС;
- производить декомпозицию конструкций ЭС;
- обосновывать выбор методов и технических средств для моделирования конструкции и технологии ЭС;
- разрабатывать математические модели конструкции и технологии ЭС на различных иерархических уровнях;
- проводить экспериментальные и теоретические исследования, выполнять анализ результатов исследования.

Результатом освоения является способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты.

**Владеть:**

- методами моделирования конструкций и технологических процессов производства электронных средств.
- основными методами моделирования и оптимизации конструкций и технологических процессов производства электронных средств;
- способами формализации интеллектуальных задач;
- методикой построения математических моделей процессов и устройств;
- навыками работы с пакетами прикладных программ моделирования и оптимизации;
- основными приёмами обработки результатов моделирования.

Результатом освоения является: способность к овладению существующими методами моделирования конструкций и технологических процессов производства электронных средств, к выбору и применению адекватных методов исследования конструкций и технологических процессов производства электронных средств.

### **3 Указания по самостоятельной внеаудиторной работе**

Самостоятельная работа по дисциплине включает в себя следующие элементы:

- проработку лекционного материала и подготовка к тестовому контролю на лекциях (ТК);
- усвоение специальной терминологии и подготовка к устным контрольным опросам (УКО);
- подготовку к контрольным работам;
- подготовку к лабораторным работам и оформление отчётов по индивидуальным заданиям;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к зачёту.

Эффективная самостоятельная работа предполагает внимательную и активную работу магистра на лекциях и групповых занятиях, аккуратное ведение и детальное изучение конспекта, изучение и усвоение специальной терминологии. Для осуществления

самостоятельной работы магистрантам обеспечен доступ к компьютерам с выходом в Интернет.

Для самостоятельной внеаудиторной работы при углублённой проработке теоретического материала рекомендуется основные учебные пособия [1 - 9] и дополнительная литература [10 – 29].

Усвоение специальной терминологии требует заучить наизусть стандартные и общепринятые определения, приведённые в [1 - 9], а также методических указаниях к лабораторным работам [13 - 16].

Выполнение лабораторных работ помогает магистрам закрепить теоретический материал и приобрести практические навыки работы на современных ПК и использования современных информационных технологий для проектирования РЭС в процессе учёбы и работы.

Все лабораторные работы выполняются на ПК.

При проведении устных контрольных опросов (УКО) магистры по очереди проговаривают определения соответствующих терминов («громкий опрос»). Какими либо пособиями или техническими средствами пользоваться запрещается. За каждый ответ преподаватель объявляет оценку, которая фиксируется в оценочном листке. УКО проводятся, как правило, на лабораторных занятиях во время, предусмотренное планом занятия для опроса магистров.

При подготовке к лабораторным и практическим занятиям магистры должны изучить соответствующий лекционный материал и рекомендуемую литературу. Для подготовки к лабораторным работам, а также при выполнении конкретных индивидуальных заданий рекомендуется использовать [1 - 9], методические пособия и указания, а также дополнительную литературу [10 - 25].

Оперативную помощь по различным вопросам, связанными с современными информационными технологиями проектирования РЭС, можно также получить с помощью Интернет, используя поисковые системы Google и Yandex. Кроме того, информацию по основным параметрам и стоимости современных отечественных и импортных электронных компонентов РЭС в большинстве случаев несложно получить из [26 – 29].

Перед началом лабораторной работы преподаватель проверяет результаты подготовки магистров. Каждый магистр должен сформулировать цель и порядок выполнения работы, показать умение работы на персональном компьютере и ответить на контрольные вопросы, которые приведены в методических указаниях к каждой лабораторной работе.

Если магистр не подготовился к работе, он не допускается к занятиям. Ему предоставляется возможность продолжить подготовку в лаборатории под контролем преподавателя, а работу выполнить во внеурочное время.

Отчёт должен содержать цель и условия задания, порядок выполненной работы, результат решения на ПК, а также выводы по каждой работе.

## 4 Рекомендуемая литература<sup>1</sup>

Учитывая бурный рост информационных и компьютерных технологий в настоящее время, а также определённое отставание выпуска современной учебной литературы и её высокую стоимость, значительный упор в формировании учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств» сделан на электронные учебники и Интернет-технологии. Магистры имеют свободный доступ к *электронной библиотеке* обучающей кафедры, в которой имеется значительное количество современных учебников, учебных пособий, обучающих систем, информационно-справочных и поисковых систем практически по всем изучаемым разделам дисциплины «Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств», в том числе и для углублённого изучения целого ряда дополнительных вопросов.

1. **Кудрявцев, Е.М.** Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / Е. М. Кудрявцев. - М.: Академия, 2011. - 304 с. [10]

2. **SolidWorks.** Компьютерное моделирование в инженерной практике: производственно-практическое издание / А. А. Алямовский и др. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 799 с. (1 экз.)

3. **Алексеев В.П., Карабан В.М.** Математическое моделирование процессов термоустойчивости в конструкциях РЭС: учебное пособие. - Томск: ТУСУР, 2012. – 152 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2535>.

4. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Л. Муромцев, Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 384 с. [8]

5. **Саликаев Ю.Р.** Компьютерное моделирование и проектирование: учебное пособие / Ю.Р. Саликаев - Томск: ТУСУР, 2012. – 95 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2548>

6. **Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г.** Моделирование и оптимизация технологических процессов РЭС: учебное пособие. - Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 196 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1795>

7. **Параев Ю.И.** Методы оптимизации (Часть 1. Экстремумы функций многих переменных): Методические указания для проведения практических занятий. - Томск, ТУСУР, 2007. – 20 с. [100 экз.]

8. **Параев Ю.И.** Методы оптимизации (Часть 2. Линейное программирование): Методические указания для проведения практических занятий. - Томск, ТУСУР, 2010. – 46 с. [100 экз.]

9. **Красько, А.С.** Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А. С. Красько; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кафедра радиоэлектроники и защиты информации. - Электрон. текстовые дан. - Томск: 2012. - 64 с. URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1030>

---

<sup>1</sup> В квадратных скобках указано количество экземпляров данной книги в библиотеке ТУСУР.

10. **Озёркин, Д.В.** Altium Designer. SolidWorks [Электронный ресурс]: сборник практических заданий по проектированию печатных узлов РЭС / Д. В. Озеркин; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Электрон. текстовые дан. Ч. 1: Разработка элементной базы. - Томск: ТУСУР, 2012. - 66 с. on-line). - URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1556>.
11. **Озёркин, Д.В.** Altium Designer. SolidWorks [Электронный ресурс]: сборник практических заданий по проектированию печатных узлов РЭС / Д. В. Озеркин ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Электрон. текстовые дан. Ч. 2: Схемотехническое проектирование. - Томск: ТУСУР, 2012. - 50 с. on-line). - URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1554>.
12. **Озёркин, Д.В.** Altium Designer. SolidWorks [Электронный ресурс]: сборник практических заданий по проектированию печатных узлов РЭС / Д. В. Озеркин; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Электрон. текстовые дан. Ч. 3: Топологическое проектирование. - Томск: ТУСУР, 2012. - 95 с. on-line). - URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1558>.
13. **Кобрин, Ю.П.** Оптимизация при проектировании РЭС: Методические указания к лабораторной работе. – Томск, ТУСУР, 2012. - 30 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2397>
14. **Кобрин, Ю.П.** Моделирование статических режимов подсистем РЭС: Методические указания к лабораторной работе. – Томск, ТУСУР, 2012. - 29 с. . Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2399>
15. **Кобрин, Ю.П.** Моделирование динамических режимов подсистем РЭС: Методические указания к лабораторной работе - Томск, ТУСУР, 2012. - 27 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2400>
16. **Кобрин, Ю.П.** Моделирование частотных характеристик линейных RLC-цепей на компьютере: Методические указания к лабораторной работе. - Томск, ТУСУР, 2012. - 27 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2401>
17. Информационные технологии проектирования РЭС: Методические указания по самостоятельной работе / Кобрин Ю. П. - Томск, ТУСУР, 2013. - 9 с. Электронный ресурс: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2946>
18. **Уваров А.С.** P-CAD. Проектирование и конструирование электронных устройств. - М.: «Горячая линия-Телеком», 2004. - 760 с. [42 экз.].
19. **Стешенко, В.Б.** P-CAD. Технология проектирования печатных плат: Учебное пособие для вузов / В. Б. Стешенко. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 711 с. [20 экз.].
20. **Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А.** Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. – М.: Солон-Пресс, 2003, 496 с.: ил. [14 экз.]
21. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов/ О.В. Алексеев, А.А. Головков, И.Ю. Пивоваров, и др.; Под ред. О.В. Алексеева. - М.; Высш. шк., 2000. - 479 с.: ил. [83 экз.]
22. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; Под ред. Э.Т. Романычевой. – М.; Радио и связь, 1989. – 448 с.: ил [21 экз.].
23. **В.Г. Козлов, А.П. Бацула, Ю.П. Кобрин.** Основы проектирования электронных средств: Общие принципы проектирования. Учебное пособие для студентов специальности 210201 – «проектирование и технология радиоэлектронных средств. Под ред. В.Г. Козлова. – Томск, ТУСУР, 2006. – 150 с.: ил. [2 экз.] [Электронный ресурс]: URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1048>
24. Журнал «Математическое моделирование». Электронный ресурс: [http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option_lang=rus)



25. Чип и Дип - электронные компоненты и приборы. [В Интернете] 2013 г. URL: <http://www.chipdip.ru/>.

26. CHIPINFO - крупнейший справочник по импортным и отечественным электронным компонентам и радиодеталям. [В Интернете] 2013 г. URL: <http://www.chipinfo.ru/>.

27. "Платан" — электронные компоненты и измерительная техника. [В Интернете] 2013 г. URL: <http://www.platan.ru/>.

28. ЗАО "Промэлектроника" — поставки электронных компонентов. [В Интернете] 2013 г. URL: <http://www.promelec.ru/>.

29. "КОСМОДРОМ" - электронные компоненты для разработки и производства. [В Интернете] 2013 г. URL: <http://www.kosmodrom.com.ua/>.