

Программа учебной дисциплины «Автоматизация проектных работ»

Утверждена

Академическим советом ОП

Протокол № 3 от 29.08.2019

Разработчики	Тумковский С.Р., профессор, д.т.н., ДКИ МИЭМ НИУ ВШЭ Полесский С.Н., доцент, к.т.н., ДКИ МИЭМ НИУ ВШЭ
Число кредитов	5
Контактная работа (час.)	88
Самостоятельная работа (час.)	102
Курс, Образовательная программа	3курс, Информатика и вычислительная техника
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн курса

1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты

Целью освоения дисциплины «Автоматизация проектных работ» является изучение основных принципов и методологий современного автоматизированного проектирования при создании электронных средств, овладение основными методами и приемами решения задач по основным разделам дисциплины с использованием средств автоматизации проектирования.

В процессе изучения курса студент должен изучить:

- современные системы автоматизированного проектирования (САПР), алгоритмы и формальные процедуры решения основных задач схемотехнического проектирования и моделирования на ЭВМ цифровых и аналоговых электронных схем ЭС;

- современные САПР, алгоритмы и формальные процедуры решения основных задач конструкторского проектирования ЭС – автоматизированного синтеза чертежей конструкций и деталей, расчета основных режимов конструкций (тепловых, механических и др.), автоматического проектирования конструкций печатных плат (компоновка элементов, размещение элементов, трассировка соединений), автоматизированного выпуска конструкторской документации;

- современные автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП), задачи и маршруты технологических процессов, методы решения основных задач технологического проектирования ЭС – моделирование иерархических уровней технологического проектирования, синтеза технологических процессов, подготовки управляющих программ для станков.

В результате освоения дисциплины студент осваивает компетенции:

- способен получать новые знания, умения, в том числе в области, отличной от профессиональной области;
- способен выявлять научную сущность проблем в профессиональной области;
- способен организовать и провести экспериментальные исследования на объектах профессиональной деятельности по заданной методике;
- способен разработать и исследовать математические модели в задачах проектирования и технологического обеспечения объектов профессиональной деятельности;
- способен обосновать принимаемое проектное решение, применить критерии оценки эффективности проектного решения при проектировании отдельных программно-аппаратных компонентов автоматизированных систем сбора, обработки, передачи, хранения информации и управления, компьютерных сетей и информационных систем в соответствии с техническим заданием;
- способен подготовить график выполнения проектных работ, рабочие чертежи, принципиальные схемы, исходные тексты программ, наборы тестов и методики испытаний при разработке объектов профессиональной деятельности, оформить перечень конструкторской и программной документации по законченным проектным и конструкторским работам.

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин и является частью профессионального учебного цикла в структуре ОП «Информатика и вычислительная техника» подготовки бакалавров.

На входе от бакалавра требуются компетенции по следующим областям знаний:

- Математическая логика;
- Основы информатики и ИКТ;
- Математический анализ;
- Вычислительная математика;
- Схемотехника;
- Теория графов.

Компетенции, полученные в результате изучения данной дисциплины, необходимы для изучения следующих дисциплин и выполнения видов деятельности:

- Моделирование систем;
- Информационные технологии;
- Экспертные системы;
- Разработка САПР;
- Производственная практика;
- Научно-исследовательская работа.

2. Содержание учебной дисциплины

Тема (раздел дисциплины)	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк		
	см		
	пз		
	ср		
Тема 1. Классификация задач автоматизированного схемотехнического, конструкторского и технологического проектирования ЭС. Автоматизированное проектирование ЭС на системном уровне	6	Рассмотрение основных этапов и задач	Примеры решение задач автоматизированного проектирования электронных средств на системном уровне. Распределение по командам для выполнения группового проекта в рамках самостоятельной работы.
	5	автоматизированного проектирования ЭС.	
	4	Иерархическое и сквозное проектирование ЭС. Задачи	
	17	автоматизированного проектирования ЭС на системном уровне. Методы моделирования цифровых и аналоговых ЭС на системном уровне проектирования: аналитический, событийный и имитационный.	
Тема 2. Проектирование ЭС на функциональном уровне и схемотехническом уровне: основные задачи и методы	6	Задачи автоматизированного проектирования ЭС на функциональном уровне.	Решение задач моделирования электронных устройств на функциональном уровне проектирования с использованием событийного алгоритма. Выбор ЭС для проектирования и разработка технического задания на разработку проекта ЭС в рамках выполнения самостоятельной работы.
	6	Модели сигналов. Методы моделирования цифровых и аналоговых ЭС на функциональном уровне проектирования:	
	4	аналитический, простой итерации, Зейделя и событийный.	
	17	Задачи проектирования ЭС на схемотехническом уровне. Алгоритмы моделирования электронных схем на основе метода узловых потенциалов и метода расширенного неоп-	

		<p>народного координатного базиса. Функции параметрической чувствительности и учет влияния отклонений параметров на выходные характеристики ЭС.</p>	
<p>Тема 3. Математические модели в задачах автоматизированного конструкторского проектирования</p>	8	<p>Автоматизированный синтез конструкций ЭС:</p>	<p>Построение математических моделей аналоговых электронных схем в частотной и временной области. Разработка календарного плана по выполнению группового проекта в рамках выполнения самостоятельной работы.</p>
	6	<p>основные задачи и методы. Процедуры синтеза</p>	
	3	<p>геометрической структуры из примитивов.</p>	
	17	<p>Математические модели в задачах конструкторского проектирования: монтажно-коммутационных пространств (дискретные, графовые, мультиграфовые), конструкций (взвешенные графовые, мультиграфовые, теплообмена, прочностные).</p>	
<p>Тема 4. Алгоритмы геометрического и топологического синтеза конструкций</p>	8	<p>Критерии и алгоритмы компоновки</p>	<p>Решение задач трассировки соединений с использованием алгоритмов автоматизированного геометрического и топологического синтеза. Выполнение этапов группового проекта в рамках самостоятельной работы.</p>
	3	<p>конструктивных модулей (для покрытия - покрытия графа и линейного</p>	
	4	<p>программирования, для разрезания-</p>	
	17	<p>последовательный и итерационный). Критерии и алгоритмы размещения конструктивных модулей (последовательный, итерационный, силовой, назначения).</p>	
<p>Тема 5. Анализ и верификация конструкций</p>	6	<p>Критерии и алгоритмы трассировки проводных соединений и печатного монтажа в ЭС (алгоритм Прима, лучевой, волновой и его модификации,</p>	<p>Построение математических моделей монтажно-коммутационных пространств конструкций в виде</p>
	4		
	3		

	17	эвристический). Методы анализа и верификации конструкций: методы конечных элементов и конечных разностей и их применение для расчета тепловых и механических режимов конструкций.	графов. Выполнение этапов группового проекта в рамках самостоятельной работы.
Тема 6. Примеры конструкторских САПР и их взаимосвязь с системами технологического проектирования.	6	САПР сквозного конструирования печатных плат Altium Designer и организация в ней технологического проектирования.	Построение моделей разрабатываемых электронных средств с помощью конструкторских САПР. Выполнение этапов группового проекта в рамках самостоятельной работы.
	4		
	2		
	17		
Часов по видам учебных занятий:	40		
	28		
	20		
	102		
Итого часов:	190		

Формы учебных занятий:

лк – лекции в аудитории;

см- семинары;

пз – практические занятия/ лабораторные работы в аудитории;;

ср – самостоятельная работа студента.

3. Оценивание

На лекциях, семинарах и практических занятиях студент должен проявить способность выбирать и разрабатывать модели проектирования в современных системах САПР, использовать методы исследования объектов на основе общих тенденций развития моделирования электронных средств с использованием современных САПР, а также использование современных технических и программных средств. При подготовке докладов, презентаций, домашнего задания и группового проекта студент должен продемонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования.

При выполнении самостоятельной работы в рамках выполнения группового проекта по выбранной теме в рамках изучаемой дисциплины студент должен показать способность к проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода, умение строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных физических явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ. В соответствии с задачей, поставленной в теме задания студент должен показать умение формировать техническое задание и способность руководить вопросами моделирования объекта исследования.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти бальной шкале.

Преподаватель оценивает работу студентов на семинарах, практических занятиях и самостоятельную работу в рамках выбранной темы по подготовке к каждому занятию. На оценку текущего контроля (за практическую работу) влияет:

- правильность выполнения работы;
- грамотность, аккуратность, понятность и последовательность изложения материала в отчетах по выполнению практических работ;
- знание базовых определений и терминов.

Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	Модуль				Параметры **
		1	2	3	4	
Текущий	Домашнее задание	-	-	-	-	По темам самостоятельной работы
	Самостоятельная работа	-	-	*	*	Выполнение группового проекта
	Лабораторные работы	-	-	*	*	Выполнение лабораторных работ согласно темам лекций
	Проект	-	-	*	*	Презентация из 15 слайдов, отчет по групповому проекту
Итоговый	Экзамен				*	Устный: Аналитическое заключение по выполненному проекту, презентация проекта, отметка о сдаче проекта по календарному плану, защита всех практических работ, дополнительно 2 вопроса в билете

Оценки за работу на практических занятиях (семинарах) преподаватель выставляет в рабочую ведомость.

Текущая оценка *Отекущий* определяется по 10-ти бальной шкале по результатам текущего контроля (практические занятия) перед итоговым контролем и объявляется на последнем занятии.

Оценка за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$\text{Отекущий} = 0,333 * (0,5 * \text{Опроект} + 0,5 * \text{Одомашнее задание}) + 0,333 * \text{Оауд} + 0,333 * \text{Осам. работа}$$

где *Отекущий* рассчитывается как взвешенная сумма всех форм текущего контроля, предусмотренных в программе учебной дисциплине.

Результирующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом (дисциплина преподается 2 модуля):

$$\text{Опроемжуточная } i = 0,5 \cdot \text{Отекущая } i \text{ этапа} + 0,5 \cdot \text{Опроемжуточный зачет}$$

где *Отекущая i этапа* рассчитывается по приведенной выше формуле.

Итоговая оценка по дисциплине оценивается по следующей формуле:

$$\text{О итоговая} = 0,5 * \text{Оэкзамен} + 0,5 * (\text{Опроемжуточная } 1 + \text{Опроемжуточная } 2) \text{ :на } 2 \text{ модуля}$$

где *Опроемжуточная 1+ Опроемжуточная 2* – промежуточная оценка за 1 и 2 модули.

Способ округления результирующей оценки по учебной дисциплине – арифметический.

На экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу), правильный ответ на который оценивается в 1 балл.

В диплом выставляется итоговая оценка.

Информация о текущей успеваемости, а также о накопленной, экзаменационной и итоговой оценке хранится на электронном ресурсе по адресу, который сообщается студенту на первом занятии через старост.

Блокирующие элементы отсутствуют.

4. Примеры оценочных средств

Оценочные средства для текущего контроля студента и оценочные средства для промежуточной аттестации расположены на электронном ресурсе по адресу, который сообщается студентам на первом занятии через старост.

Блокирующие элементы не предусмотрены.

Пример оценочных средств для оценки качества освоения дисциплины в ходе текущего контроля:

- 1) Проведение комплексных расчетов с применением САПР отдельных узлов или устройств в целом;
- 2) Идентификация моделей физических процессов;
- 3) Разработка моделей электронных средств и проведение исследований на их основе;

- 4) Системные принципы построения расчетных моделей проектирования;
- 5) Модели физических процессов, протекающих в электронных средствах;
- 6) Типовые методики исследования характеристик электронных средств на основе моделирования физических процессов;
- 7) Основы математического обеспечения автоматизированного топологического проектирования электронных средств;
- 8) Математические модели для решения задач компоновки с помощью алгоритма топологического синтеза конструкций;
- 9) Программные средства моделирования разнородных физических процессов в электронных средствах;
- 10) Программные средства автоматизации сложно формализуемых и неформализуемых проектных процедур разработки процесса электронных средств;
- 11) Математические модели для решения задач размещения элементов на печатной плате электронного средства с помощью алгоритма геометрического синтеза конструкций;
- 12) Математические модели для решения задач трассировки печатных проводников на платах, входящих в состав электронных средств;
- 13) Математические модели для решения задачи проверки целостности прохождения сигнала печатных проводников;
- 14) Математические модели физических процессов и методики для проектирования электронных средств.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. В чем заключается системный подход в автоматизированном проектировании (АП) ЭС?
2. Что включает в себя информационная модель процесса АП ЭС?
3. Какие проектные процедуры выполняются с применением САПР
4. Какие расчетные модели физических процессов в ЭС применяются в процессе АП?
5. Какие компоненты (активные и пассивные) входят в состав топологических моделей, представляемых в виде ненаправленных графов? Привести примеры компонентов моделей.
6. В чем заключается сущность метода аналогий при исследовании физических процессов в ЭС путем математического моделирования?
7. В чем заключается иерархическое математическое моделирование электрических характеристик ЭС?
8. В чем заключается иерархическое математическое моделирование тепловых характеристик ЭС?
9. В чем заключается иерархическое математическое моделирование механических характеристик ЭС?

10. Каким образом можно построить процесс совместного моделирования электрических и тепловых характеристик ЭС на основе двух автономных подсистем?
11. Классификация электрических моделей ЭРЭ?
12. Какие модификации может иметь модель Эберса – Молла полупроводникового диода?
13. Какие модификации может иметь модель Эберса – Молла биполярного транзистора?
14. Какие модификации может иметь модель транзистора Гуммеля -Пуна?
15. В чем заключается макро моделирование функциональных узлов ЭС?
16. Представить схему классификации методов макро моделирования ЭС?
17. В чем заключается метод упрощения полной модели при макро моделировании ЭС?
18. В чем заключается принцип подобия, используемый при построении макро модели ЭС?
19. В чем заключается метод редукции при построении макро модели ЭС?
20. Изложить постановку задачи идентификации параметров моделей ЭРЭ?
21. Какие существуют методы формирования математических моделей (для матричного вида)?
22. Какие существуют методы анализа математических моделей, представленных в матричном виде?
23. Какую структуру имеет модель безотказности ЭРЭ по внезапным отказам?
24. Каким образом можно смоделировать отклонение выходных характеристик ЭС от тепловых воздействий?
25. Какие модели монтажного пространства используются в задачах ТАП ЭС?
26. Какие существуют методы оптимизации?
27. Какие градиентные методы оптимизации наиболее часто применяются в САПР ЭС?
28. Какие методы упорядочения разреженных матриц применяются в САПР?
29. Каким образом строится алгоритм анализа безотказности ЭС по постепенным отказам?
30. Каким образом строится алгоритм анализа безотказности ЭС по внезапным отказам?

5. Ресурсы

5.1. Рекомендуемая основная литература

№ п/п	Наименование
1	Компьютерные технологии в приборостроении. Режим доступа: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/49/u_course_instrument_making.pdf (Дата обращения 30.08.2019)

5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1	Кофанов, Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств: учебник для вузов / Ю. Н. Кофанов. – М.: Радио и связь, 1991. – 360 с. - ISBN 5-256-00862-5.
2	Шалумов, А.С. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадёжных радиоэлектронных средств на принципах CALS - технологий / А. С. Шалумов, Н.В. Малютин, Ю.Н. Кофанов, и др.; Под ред. Ю. Н. Кофанова, Н.В. Малютина, А.С. Шалумова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – + CD-ROM. - ISBN 978-5-283-00842-4.
3	Жаднов, В.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: учебное пособие для вузов / В.В. Жаднов, А.В. Сарафанов. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 463 с. + CD - ROM. – (Б-ка инженера) . - ISBN 5-9800314-5-6.
4	Хайнеман, Р. Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE: пер. с нем. / Р. Хайнеман. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 325 с. - Ц. - ISBN 978-5-940744-36-8.
5	Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с. - ISBN 5-06-003860-2.
6	Авдеев, Е.В. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике: справочник / Е.В. Авдеев, А.Т. Еремин, И.П. Норенков, М.И. Песков; Под ред. И. П. Норенкова. – М.: Радио и связь, 1986. – 367 с.
7	Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для студентов вузов / И. П. Норенков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 334 с. – (Сер. "Информатика в техническом университете"). - ISBN 5-7038-2090-1.

5.3. Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1	Система АСОНИКА	Из внутренней сети университета (договор)
2	Программный комплекс АСОНИКА-К	Из внутренней сети университета (договор)
3	САПР ALTIUM DESIGNER	Из внутренней сети университета (договор)
4	Solidworks	Из внутренней сети университета (договор)
5	КОМПАС- 3D	Из внутренней сети университета (договор)
6	MS Office (Word, Excel, Visio и др.)	Из внутренней сети университета (договор)
7	MathCad	Из внутренней сети университета (договор)

8	ANSYS	Свободное лицензионное соглашение (учебная версия)
---	-------	--

5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№ п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1	ЭБС Юрайт	Из внутренней сети университета (договор)

5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

1. Дисплейный класс, оборудованный современными персональными компьютерами;
2. Интерактивная доска и/или проектор с экраном.

6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. *для лиц с нарушениями зрения:* в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. *для лиц с нарушениями слуха:* в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. *для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:* в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

7. Дополнительные сведения

Предусмотрено проведение интерактивных занятий, встречи с представителями российских компаний, использующие современные средства САПР, в том числе с представителями отделов «Автоматизированного

проектирования», «Конструкторских отделов», «Системного проектирования», «Департаментов информационных технологий» и других аналогичных по тематикам отделов и подразделений.

Лекции, мастер-классы и практические занятия.

В учебном процессе, помимо чтения лекций, аудиторных занятий, широко используются интерактивные формы (обсуждение отдельных разделов дисциплины, защиты домашних заданий и др.). В сочетании с внеаудиторной работой, это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучения.

Для закрепления и проверки знаний студентов по наиболее важным разделам курса проводятся контрольные работы.

Для формирования практических навыков проводятся практические занятия, выполняются домашние и проектные работы. Основной целью проведения практических занятий является приобретение опыта практической разработки и решения прикладных задач с помощью современных САПР. В домашней работе закрепляются навыки автоматизированного проектирования электронных средств.

Проектная работа предназначена для получения опыта интегрированного применения существующих компьютерных средств и собственных программных разработок для решения практических задач в области автоматизации проектирования.

В рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации предусмотрены выполнение и защита проектных работ.

Формирование оценки за практические занятия.

Оценка за практическую работу учитывает:

Насколько точно студент выполнил задание, сформулированное в работе;

Степень и полноту усвоенных навыков работы со средствами разработки проектов;

Насколько правильно и аргументировано студент ответил на все вопросы при обсуждении выполненного задания.

Для текущей и промежуточной аттестации студентов выполняются контрольные работы и домашние задания. Домашнее задание подготавливается каждым студентом индивидуально в соответствии с вариантами заданий. Контрольная работа выполняется каждым студентом индивидуально в соответствии с вариантом контрольной работы. Домашнее задание защищается на практических работах.

Формирование оценки за домашнее задание, выполненное в рамках самостоятельной работы.

Оценка за домашнее задание учитывает:

- Точность и правильность полученных результатов;

- Качество оформления результатов;

- Насколько правильно и аргументировано студент ответил на все вопросы при обсуждении выполненного задания.