



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

С.Ф. Тюрин
д.т.н., проф., профессор кафедры АТ

«29» «апреля» 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

**« Разработка и исследование методов и средств энергоэффективных
«зелёных» вычислений на основе ПЛИС»**

Научная специальность	2.3.2. Вычислительные системы и их элементы
Направленность (профиль) программы аспирантуры Выпускающая кафедра	2.3. Информационные технологии и телекоммуникации Автоматика и телемеханика (АТ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр: 3
Виды контроля с указанием семестра: Зачёт:	Зачёт 3

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Разработка и исследование методов и средств энергоэффективных «зелёных» вычислений на основе ПЛИС» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области энергоэффективности вычислительных систем и их элементов.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Разработка и исследование методов и средств энергоэффективных «зелёных» вычислений на основе ПЛИС» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.3.2. – Вычислительные системы и их элементы

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

-физические и технические принципы создания энергоэффективных элементов и устройств вычислительной техники и систем управления;

Уметь:

-создавать и совершенствовать теоретическую и техническую базу средств вычислительной техники и систем управления, обладающих высокими показателями энергоэффективности;

Владеть:

-навыками совершенствования и создания принципиально новых энергоэффективных элементов и устройства вычислительной техники и систем управления.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1
Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	
1	Аудиторная работа	32
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
	Самостоятельная работа (СР)	72
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	
	Форма итогового контроля:	зачёт

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

Раздел 1. Введение в масштабируемые энергонадежные вычисления
(ПЗ –16 , СР –30)

Тема 1. Динамическое масштабирование напряжения и частоты синхронизации. Стандарт АСРІ& ІЕЕЕ 1680. Состояния процессора в соответствие с технологией АСРІ. Энергоэффективное проектирование: снижение паразитной емкости, адиабатические схемы, самосинхронные схемы.

Тема 2. Продвижение принципа динамического масштабирования – динамическое масштабирование энергии, логических базисов и времени реализации. Динамическое масштабирование энергии, логических базисов и времени реализации. Концепция энергомодулированного компьютеринга.

Раздел 2. Энергоэффективные отказоустойчивые ПЛИС основанные на «Зеленой» логике.
(ПЗ –16 , СР –42)

Тема 3. «Зелёные» ПЛИС технологии. Обзор технологий Зеленых ПЛИС, Разработка ДС-ЛУТ ПЛИС, Разработка ДНФ ПЛИС, Микропрограммно- аппаратный LUT FPGA.

Тема 4. Надёжно-зелёные ПЛИС. Логический элемент LUT с контролем - CLUT FPGA, Отказоустойчивый LUT FPGA, Разработка ячейки конфигурационной памяти SRAM FPGA. Четверённая ячейка SRAM - QSRAM cell. Модифицированный логический элемент МЛУТ ПЛИС для ускорения диагностирования.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Моделирование модифицированного LUT для зеленых ПЛИС	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Моделирование отказоустойчивого LUT для зеленых ПЛИС	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3,4	Использование функционально-полного толерантного базиса в зелёных ПЛИС	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
Раздел 1	1,2	Влияние трассировки проекта в Quartus II на энергозатраты ПЛИС фирмы Альтера.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
Раздел 2	3,4	Моделирование LUT, вычисляющего две функции одновременно	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Разработка и исследование методов и средств энергоэффективных «зелёных» вычислений на основе ПЛИС» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 797 с.	20
2	Надежность и диагностика компонентов инфокоммуникационных и информационно-управляющих систем : учебное пособие для вузов / Е. Л. Кон, М. М. Кулагина ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 .— 394 с.	80
3	Реализация цифровых автоматов в системе Quartus фирмы Altera : лабораторный практикум / С. Ф. Тюрин, А. В. Греков, О.А. Громов ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011 .— 133 с.	30
4	Вычислительная техника и информационные технологии. Цифровые автоматы и микро-контролеры. Руководство к лабораторным работам в системе PROTEUS 7.2 SP6 : учебно-методическое пособие / С. Ф. Тюрин ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010 .— 134 с.	40
5	Тюрин С.Ф. Схемотехника: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 170 с.	ЭБ: https://elib.pstu.ru/docview/3491
6	Гончаровский О.В., Каменских А.Н. Встроенные микро-процессорные системы. Макетирование систем управления технических систем: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – 146 с.	ЭБ: https://elib.pstu.ru/docview/5024
7	Тюрин С.Ф. Вычислительная техника и информационные технологии. Цифровая схемотехника: учебное пособие. Пермь, издательство Перм. гос. техн. ун-та, 2008.–137 с.	ЭБ: https://elib.pstu.ru/docview/4231
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Тюрин С.Ф. Надёжность систем автоматизации: учеб. пособие. Перм. нац. исслед. политехн. ун-т .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012.-262 с.	5+5 на кафедре

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	<i>Надежность систем управления. Руководство к лабораторным работам в системе Windchill Quality Solutions 10.0/ С.Ф. Тюрин, М.С. Сторожев – Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та, 2014. 73.</i>	ЭБ+ 5 на кафедре
3	<i>Дискретная математика + математическая логика. Учеб. пособие / С.Ф. Тюрин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та, 2020. –64 с. ISBN 978-5-398-02398-5</i>	ЭБ: https://elib.pstu.ru/docview/5099
4	<i>Программирование микроконтроллеров с использованием IDE : учеб. пособие / С.Ф. Тюрин, Д.А. Ковыляев, Е.Ю. Данилова, А.Ю. Городилов; под ред. С.Ф. Тюрин. – Пермь : Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та, 2021. – 100 с.</i>	ЭБ: https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=5487
5	<i>Дискретная математика, математическая логика в Во 'льфрам Альфа. Учеб. пособие / С.Ф. Тюрин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та, 2022. – 72 с.</i>	ЭБ+ 5 экз. на кафедре
2.2 Периодические издания		
1	<i>Журнал АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления Российской Академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН Российская академия наук (Москва)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33700506
2	<i>Журнал ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ Министерство образования Российской Федерации (Санкт-Петербург)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7719
3	<i>Журнал ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=45808 286
4	<i>Журнал ВЕСТНИК ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ: РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ Поволжский государственный технологический университет (Йошкар-Ола)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=44193136
5	<i>Журнал ВЕСТНИК РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА Рязанский государственный радиотехнический университет (Рязань)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34841842

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
6	<i>Журнал ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (Владимир)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34529851
7	<i>Журнал ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. МАТЕМАТИКА. МЕХАНИКА. ИНФОРМАТИКА Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь)</i>	ЭБ: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34416742
2.3 Нормативно-технические издания		
1	<i>ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике Основные понятия. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2017–03–01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.</i>	ЭБ: https://docs.cntd.ru/document/1200136419
2	<i>ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 61078:2006) Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы.</i>	ЭБ: https://docs.cntd.ru/document/1200065647
3	<i>ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2009. – 11 с.</i>	ЭБ: https://docs.cntd.ru/document/1200009481
4	<i>ГОСТ 2.743-91. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах.</i>	ЭБ: http://docs.cntd.ru/document/1200010863
5	<i>ГОСТ 17021-88 Микросхемы интегральные. Термины и определения.</i>	ЭБ: http://docs.cntd.ru/document/1200015667
2.4 Официальные издания		
1	<i>Intel Reliability Report.</i>	https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/rr/rr.pdf

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-

Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц	9	Оперативное управление	312А

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:**

- Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

- Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

• Таблица 5

- Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Проявил частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 2.3.3. «Вычислительные системы и их элементы» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Задание 1. Анализ энергоэффективности выбранного устройства вычислительной техники.
 2. Задание 2. Разработка усовершенствованного метода энергосбережения выбранного устройства вычислительной техники.
 3. Задание 3. Оценка энергозатрат выбранного устройства вычислительной техники
 4. Задание 4. Оценка энергонадёжности выбранного устройства вычислительной техники
- 5.1** Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:
1. Вопрос. Оптимизация энергопотребления элементов и устройств вычислительной техники и систем управления градиентным методом.
 2. Вопрос. Методология теоретических и экспериментальных исследований в области энергоэффективности элементов и устройств вычислительной техники и систем управления
 3. Вопрос. Принципы разработки новых методов обеспечения энергоэффективности области элементов и устройств вычислительной техники и систем управления
 4. Вопрос. Принципы разработки новых методов обеспечения энергоэффективности элементов и устройств вычислительной техники и систем управления

Типовые контрольные задания:

1. Задание. Применить методологию теоретических и экспериментальных исследований энергоэффективности заданных элементов и устройств вычислительной техники и систем управления
2. Задание. Выполнить масштабирование энергопотребления заданных элементов и устройств вычислительной техники и систем управления
3. Задание. Усовершенствовать методологию теоретического анализа и экспериментального исследования функционирования заданных элементов и устройств вычислительной техники и систем управления с целью снижения энергопотребления.
4. Усовершенствовать методологию теоретического анализа и экспериментального исследования функционирования заданных элементов и устройств вычислительной техники и систем управления с целью масштабирования напряжения питания.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «АТ».

Программа
Вычислительные системы и их элементы
Кафедра
Автоматика и телемеханика

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

«Разработка и исследование методов и средств энергоэффективных «зеленых» вычислений
на основе ПЛИС»

БИЛЕТ № 1

1. Методы обеспечения энергоэффективности ПЛИС типа FPGA. (*контроль знаний*)
2. Оценить энергозатраты заданных элементов и устройств вычислительной техники и систем управления (*контроль умений*)
3. Выполнить расчёт энергозатрат модифицированного LUT FPGA с контролем за счёт использование неактивного поддерева передающих транзисторов в системе Quartus II (*контроль умений и владений*)

Заведующий кафедрой АТ

д.т.н., проф. Южаков А.А.

(подпись)

« ____ » _____ 202 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		