



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА — Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор

_____ Н.И. Прокопов
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.6 «Вычислительные системы и их элементы»

Научная специальность

2.3.2. «Вычислительные системы и их элементы»

Форма обучения
Очная

Москва 2025

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вычислительные системы и их элементы» являются:

1. Научить разработке научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования вычислительных систем и их элементов.

2. Познакомить с новыми методами анализа и синтеза вычислительных систем и их элементов, включая новые процессорные элементы, сложно-функциональные блоки, системы и сети на кристалле, квантовые компьютеры.

3. Привить практические навыки по экспериментальному исследованию функционирования вычислительных систем и их элементов в нормальных и экстремальных условиях с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Вычислительные системы и их элементы» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 2.3.2 «Вычислительные системы и их элементы».

3. Требования к результатам освоения дисциплины «Вычислительные системы и их элементы»

В ходе освоения дисциплины «Вычислительные системы и их элементы» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

научные подходы и методы, архитектурные и структурные решения, обеспечивающие эффективную техническую реализацию аппаратно-программных систем и комплексов за счет оптимизации применяемой

электронной компонентной базы, элементов вычислительных систем и встраиваемого программного обеспечения.

Уметь:

применять научные методы и алгоритмы создания архитектур и структур вычислительных систем, сетевых протоколов и служб передачи данных в вычислительных системах, построенных с использованием различных телекоммуникационных, мобильных и специальных технологий.

Владеть:

навыками применения методов и алгоритмов организации параллельной и распределенной обработки информации многопроцессорных, многоядерных, многомашинных и специальных вычислительных систем.

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Вычислительные системы и их элементы» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
1	4	1	4	2	2			2		Устное собеседование	
2	4	2	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
2	4	3	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	4	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	5	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	6	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	7	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	8	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
4	4	9	4	2	2			2		Устное собеседование	
4	4	10	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
4	4	11	4	2	2			2		Устное собеседование	
4	4	12	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
5	4	13	4	2	2			2		Устное собеседование	
5	4	14	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
5	4	15	4	2	2			2		Устное собеседование	

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
5	4	16	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
6	4	17	4	2	2			2		Устное собеседование	
6	4	18	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий	
По материалам курса			16						16	Экзамен	
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36		
Всего:			108	36	18	18	0	36	36		

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Введение. Основные элементы и подсистемы вычислительных систем.	Понятия элемента, устройства, подсистемы и вычислительной системы в целом. Аппаратное и программное обеспечение вычислительных систем (ВС).
2	Основные характеристики интегральных схем и микропроцессоров	Общие характеристики интегральных схем (ИС) и микропроцессоров (МП): степень интеграции, быстродействие, стоимость, потребляемая мощность. Технологические характеристики и их связь с общими характеристиками.
3	Вычислительные системы и устройства в их составе.	Структура МП, структуры персональных компьютеров и серверов как устройств ВС. Архитектуры вычислительных систем в целом.
4	Основные подсистемы в составе ВС: коммуникационная подсистема, подсистема хранения данных.	Коммуникационная подсистема ВС как набор компьютерных сетей с стандартно выпускаемым оборудованием. Структура подсистемы. Подсистема хранения данных: организация, аппаратная и программная поддержка. Подсистемы электропитания и охлаждения аппаратуры.
5	Программная поддержка работы ВС. Организация параллельного выполнения программ	Информационные графы фрагментов компьютерных программ. Организация параллельного выполнения программ на разных уровнях: уровне многоядерного МП, многопроцессорного вычислительного модуля и ВС в целом. Программные средства поддержки параллельного выполнения компьютерных программ.
6	Методики оценки основных технических характеристик ВС	Методики оценки потребляемой мощности, надежности и стоимости ВС. Энергоэффективные «зеленые» вычислительные системы.

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	2	Основные характеристики интегральных схем и микропроцессоров	2
2	3	Построение структур персональных компьютеров	2
3	3	Построение структур серверов	2
4	3	Построение структур вычислительных систем	2
5	4	Построение структур локальных компьютерных сетей	2
6	4	Построение подсистем хранения данных	2
7	5	Построение информационных графов фрагментов программ для организации параллельных вычислений	2
8	5	Знакомство со стандартными программными средствами поддержки параллельного программирования	2
9	6	Изучение методики расчетов надежности ВС как восстанавливаемого резервируемого оборудования	2
Всего:			18

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	Текущий контроль: выполнение устных/письменных заданий, тестирование Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	Текущий контроль: выполнение устных/письменных заданий, тестирование Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	Текущий контроль: выполнение практического задания, тестирование Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 2

6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 1:

- 1.Классификация оборудования на элементы, устройства, подсистемы вычислительных систем в целом.
- 2.Общие требования к памяти ВС, иерархия памяти.
- 3.Общие требования к аппаратному и программному обеспечению ВС.

Примеры вопросов по теме 2:

- 1.Групповая технология производства и общие характеристики цифровых

интегральных схем.

2.Классификация, области применения и основные характеристики микропроцессоров.

3.Влияние технологических характеристик микропроцессоров на общие характеристики

Примеры вопросов по теме 3:

1.Организация компьютера. Варианты построения подсистем ввода-вывода компьютера.

2.Совмещение ввода-вывода и обработки данных в компьютере.

3.Структура чипсета компьютера, основные интерфейсы, поддерживаемые чипсетом.

4.Организация и функционирование серверов

Примеры вопросов по теме 4:

1.Построение RIAD подсистем для хранения данных.

2.Кластерные вычислительные системы: организация и функционирование.

3.Гибридные вычислительные системы: организация и функционирование.

4.Особенности локальных сетей для построения коммуникаций в ВС.

Примеры вопросов по теме 5:

1.Варианты построения информационных графов для последовательного и параллельного выполнения фрагментов компьютерных программ.

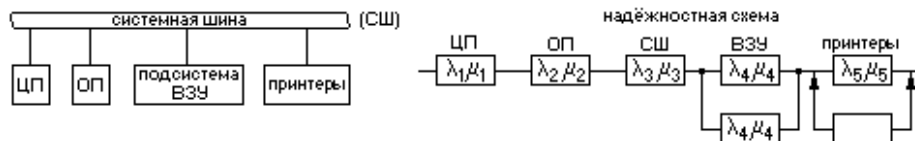
2.Параллельное выполнение программ на различных уровнях организации параллельных вычислений: в многоядерных микропроцессорах, в многопроцессорных вычислительных модулях, в ВС в целом.

3.Программная поддержка организации параллельных вычислений в ВС.

Пример практического задания по теме 6:

Пример расчёта характеристик надёжности резервированной восстанавливаемой системы.

Функциональная схема системы



Необходимо привести численные значения характеристик.

№ п/п	Устройство	Интенсивность		$\hat{E}_{a_i} \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right)$
		Отказ λ , 1/ч	Восстановлении μ , 1/ч	
1	ЦП	10^{-5}	0,1	$1 \cdot 10^{-4}$
2	ОП	10^{-4}	1	$1 \cdot 10^{-4}$
3	СШ	10^{-6}	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$
4	ВЗУ	10^{-4}	0,1	$1 \cdot 10^{-3}$
5	Принтер	10^{-3}	0,01	$1 \cdot 0,1$

Подсчитываем характеристики подсистем:

$$\mu = 2\mu_4 = 0,2 \frac{1}{\text{ч}}; K_{\bar{a}} = 1 - (1 - K_{\bar{a}_1})^2 = 1 - 10^{-6}; \lambda = \mu(1 - K_{\bar{a}_1}) = 2 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{ч}} \quad \text{— подсистема ВЗУ.}$$

$$\mu = 2\mu_5 = 0,02 \frac{1}{\text{ч}}; K_{\bar{a}} = 2\hat{E}_{a5}(1 - \hat{E}_{a5}) + \hat{E}_{a5}^2 = 0,99 = 1 - 0,01; \lambda = \mu(1 - K_{\bar{a}}) = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{ч}}; \bar{N}_m^j = \frac{m!}{j!(m-j)!} \quad \text{— подсистема}$$

принтера ($r = 1, m = 2$).

$$\text{Расчёт надёжности всей системы: } \lambda = 10^{-5} + 10^{-4} + 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-7} + 2 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10^{-4}.$$

$$K_{\bar{a}} = 1 - \sum_{k=1}^n (1 - K_{\bar{a}_k}) = 1 - (10^{-4} + 10^{-4} + 10^{-5} + 10^{-6} + 10^{-2}) = 1 - 0,01 = 0,99; \mu = \frac{\lambda}{1 - K_{\bar{a}}} = 0,03 \frac{1}{\text{ч}}.$$

$K_r = 0,99$. Время наработки на отказ $T = 1/\lambda = 3300$ ч. Время восстановления $T_B = 1/\mu = 33$ ч.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1.Классификация, области применения и основные характеристики микропроцессоров.

2.Влияние технологических характеристик микропроцессоров на общие характеристики.

3.Общие требования к памяти компьютера, иерархия памяти.

4.Сравнительные характеристики магнитных ЗУ и твердотельных ЗУ как основы для построения подсистем хранения данных.

5.Организация компьютера. Варианты построения подсистем ввода-вывода компьютера.

6.Совмещение ввода-вывода и обработки данных в компьютере.

7.Структура чипсета компьютера, основные интерфейсы, поддерживаемые чипсетом.

8.Организация и функционирование серверов.

9.Построение RIAD подсистем для хранения данных.

10.Кластерные вычислительные системы: организация и функционирование.

11.Гибридные вычислительные системы: организация и функционирование.

12.Особенности локальных сетей для построения коммуникаций в ВС.

13.Варианты построения информационных графов для последовательного и параллельного выполнения фрагментов компьютерных программ.

14.Параллельное выполнение программ на различных уровнях организации параллельных вычислений: в многоядерных микропроцессорах, в многопроцессорных вычислительных модулях, в ВС в целом.

15.Программная поддержка организации параллельных вычислений в ВС.

16.Построение вычислительных модулей на тензорных графических процессорах для решения задач обучения искусственных нейронных сетей.

17.Структура массивно-параллельных и кластерных вычислительных систем.

18. Гибридные вычислительные системы на основе графических карт для реализации искусственных нейронных сетей.

19. Сравнительные характеристики магнитных ЗУ и твердотельных ЗУ как основы построения подсистем хранения данных.

20. Структура чипсета компьютера, основные интерфейсы, поддерживаемые чипсетом.

21. Вычислительные системы класса WSC (BC масштаба склада).

22. Организация и функционирование подсистем питания и охлаждения вычислительных систем.

23. Принципы конструктивного выполнения аппаратуры вычислительных систем.

24. Методика расчета характеристик надежности восстанавливаемых резервируемых устройств и систем.

25. Методики расчета характеристик надежности программного обеспечения ВС.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Вычислительные системы и их элементы»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Вычислительные системы и их элементы» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее

сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии не допускаются к экзамену.

8. Ресурсное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Архитектура устройств и систем вычислительной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.М. Коваленко, О.В. Платонова, Л.В. Казанцева. —

М: РТУ МИРЭА, 2021.

2. Гельбух С.С. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Архитектура и организация [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118646>

3. Зайцев Е.И., Халабия Р.Ф. Организация ЭВМ и систем: учебное пособие. — М.: РТУ МИРЭА, 2019. — 103 с.

4. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд.— СПб.: Питер, 2019. — 992 с.

б) дополнительная литература:

5. Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». — СПб.: Питер, 2013. — 272 с.

6. Хеннесси Д., Паттерсен Д. Компьютерная архитектура. Количественный подход. — М.: ТЕХНОСФЕРА, 2017. — 936 с.

7. Танненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. 6-е изд.— СПб.: Питер, 2017. — 816 с.

8. Новожилов О.П. Архитектура ЭВМ и систем. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 527 с

9. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 2-е изд.— СПб.: Питер. 2011.— 688с.

10. Лупин С.А., Посыпкин М.А. Технологии параллельного программирования. — М.: ИД «Форум». 2008.— 208 с.

11. Черкесов Г.Н., Надежность аппаратно-программных комплексов. Учебное пособие. — СПб.: Питер, 2005. — 479 с.

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. <http://library.mirea.ru/>

научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА

2. <https://e.lanbook.com/>

электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет офисных программ LibreOffice;
- среда для разработки программного обеспечения Qt Creator 5.6.

8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- учебная аудитория;

– компьютерный класс.