

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института прикладной  
математики и компьютерных наук  
А.В. Замятин  
« 02 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



## Архитектура вычислительных систем

### рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>прикладной информатики</i>
Учебный план	<i>10.05.01 Компьютерная безопасность, профиль «Анализ безопасности компьютерных систем»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>2 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>72</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>33,85</i>
самостоятельная работа	<i>38,15</i>
Вид(ы) контроля в семестрах	
<i>экзамен/зачет/зачет с оценкой</i>	<i>Семестр 2 – зачет</i>

Программу составила:  
д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой прикладной информатики

 С.П. Сущенко

Рецензент:  
д-р физ.-мат. наук, доцент,  
заведующий кафедрой программной инженерии


 А.Н. Моисеев

Рабочая программа дисциплины «Архитектура вычислительных систем» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования – специалитет, самостоятельно устанавливаемым федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по специальности 10.05.01 Компьютерная безопасность (Утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 30.06.2021 г. № 06).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры прикладной информатики

Протокол от 09 июня 2021 г. № 17

Заведующий кафедрой прикладной информатики,  
д-р техн. наук, профессор

 С.П. Сущенко

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН)

Протокол от 17 июня 2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,  
д-р техн. наук, профессор

 С.П. Сущенко

### Цель освоения дисциплины

**Цель** – освоение студентами принципов организации вычислительных систем, иерархической памяти, многопроцессорных архитектур, методов обеспечения отказоустойчивости и масштабирования.

В результате освоения дисциплины обучающийся приобретает навыки применения теории вычислительных систем при проектировании и разработке приложений, распределении ресурсов и оценке операционных характеристик вычислителя, настройке приложений и сервисов на их эксплуатацию в заданных условиях.

### 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Архитектура вычислительных систем» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины», входит в модуль «Компьютерные науки».

Для освоения дисциплины необходимо знать основы программирования, основы дискретной математики.

Пререквизиты дисциплины: дискретная математика, программирование, информатика.

Постреквизиты дисциплины: операционные системы, компьютерные сети.

### 2. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-1. Способен оценивать роль информации, информационных технологий и информационной безопасности в современном обществе, их значение для обеспечения объективных потребностей личности, общества и государства.	ИОПК-1.1 Учитывает современные тенденции развития информационных технологий в своей профессиональной деятельности.	Обучающийся сможет: ОР-1.1.1. <b>Знать</b> принципы организации вычислительных систем, конвейерной, векторной и суперскалярной обработки, архитектуру со-временных процессоров, методы ускорения и распараллеливания вычислений, организацию иерархической памяти, способы построения КЭШ-памяти, архитектуру шинных интерфейсов, методы обеспечения отказоустойчивости и масштабирования памяти, систем хранения, виртуализации аппаратуры вычислительных систем, принципы организации многопроцессорных архитектур. <b>Уметь</b> комплектовать и настраивать вычислительную систему на эксплуатацию в заданных условиях, оценивать работоспособность и выявлять узкие места вычислителя.
ОПК-2. Способен применять программные средства системного и прикладного назначений, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-2.1 Понимает базовые принципы функционирования программных средств системного и прикладного назначений, в том числе отечественного производства, используемых для решения задач профессиональной деятельности.	ОР-2.1.1 <b>Уметь</b> обосновывать выбор архитектуры и технических параметров компонент вычислительной системы для различных применений, аргументировать выбор технологических решений построения многопроцессорных вычислительных систем в различных условиях эксплуатации.

<p>ОПК-7. Способен создавать программы на языках высокого и низкого уровня, применять методы и инструментальные средства программирования для решения профессиональных задач, осуществлять обоснованный выбор инструментария программирования и способов организации программ.</p>	<p>ИОПК-7.1 Осуществляет построение алгоритма, проведение его анализа и реализации в современных программных комплексах.</p>	<p>ОР-7.1.1 <b>Знать</b> принципы подбора компонент и конфигурирования вычислительной системы в соответствии с требованиями пользователей. <b>Уметь</b> обосновывать функциональность и выбор технических архитектурных решений, интерфейсов, внешних устройств вычислителя.</p>
--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 2.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	Семестр 2	всего
<b>Общая трудоемкость</b>	72	72
<b>Контактная работа:</b>	33,85	33,85
Лекции (Л):	32	32
Практики (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)		
Семинары (СЗ)		
Групповые консультации		
Индивидуальные консультации	1,6	1,6
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>	38,15	38,15
- выполнение контрольной работы/контрольных заданий (кейс)		
- изучение учебного материала, публикаций		
- подготовка к рубежному контролю по теме/разделу		
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>

### 3.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3.

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	С е м е с т р	Часы в электронной форме	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
	<b>Раздел 1. Организация вычислительных систем</b>		<b>2</b>		<b>6</b>	<b>1</b>	ОП-1.1.1
1.1.	Компоненты вычислителя. Однопроцессорные и многопроцессорные архитектуры. Классификация по Флинну. SISD-архитектура. SIMD-архитектура. MISD-архитектура. MIMD-архитектура. Принципы организации CISC, RISC, VLIW процессоров. Технология СМТ. Источники параллелизма компьютерных вычислений. Классификация вычислительных систем по уровням параллелизма (классификация по Треливену). Подходы к организации многопроцессорных систем. CMP, SMP, MPP, CC-NUMA, вычислительные кластеры.	Лекции	2		6		
1.2.	<b>Темы занятий в рамках раздела:</b> Сравнительный анализ возможностей по реализации источников параллелизма в различных архитектурах вычислительных систем. Организация СОМА-вычислителей. Обсуждение достоинств и недостатков организации различных вычислительных систем.	СРС			7,15		
	<b>Раздел 2. Архитектура микропроцессоров</b>		<b>2</b>		<b>6</b>	<b>1, 2</b>	ОП-1.1.1, ОП-2.1.1
2.1.	Архитектурные приёмы, используемые при построении процессоров: конвейеризация, суперскалярная архитектура, неупорядоченное выполнение, спекулятивное и предикативное исполнение, переименование регистров, обход и продвижение данных, предсказание ветвлений, превращение CISC архитектуры в RISC, многоядерность, многопоточность. Строение КЭШ памяти процессора.	Лекции	2		6		
2.2.	<b>Темы занятий в рамках раздела:</b> Выделение факторов, определяющих оптимальную длину процессорного конвейера. Анализ влияния неоднородности фаз микропроцессорной конвейерной обработки, их числа и частоты перезагрузки конвейера на быстродействие центрального процессора. Построение моделей конвейерной обработки, анализ результатов расчетов на основе теории конвейерной обработки.	СРС	2		8		
	<b>Раздел 3. Шинные интерфейсы</b>		<b>2</b>		<b>6</b>	<b>1, 2, 3</b>	ОП-1.1.1, ОП-2.1.1
3.1.	Эволюция системных шин. Шины ввода-вывода: шина PCI, шина PCI-X, шина PCI-E, шина AGP, интерфейс ввода-вывода на основе коммутатора, шина InfiniBand. Периферийные шины: шина EIDE, шина SATA, семейство шин SCSI, шина SAS, шина IEEE-1394, шина Fibre Channel, универсальная последовательная шина USB.	Лекции	2		6		

3.2.	<b>Темы занятий в рамках раздела:</b> Сопоставление принципов работы шинных интерфейсов, их быстродействия, функциональных возможностей и спектра подключаемых устройств. Анализ потенциальных операционных характеристик иерархической коммуникационной среды на базе коммутаторов вычислительного кластера. Обсуждение подходов к анализу коммуникационной среды и ее формальных моделей.	СРС	2		8		
	<b>Раздел 4. Подсистема памяти</b>		2		8	<b>1, 2, 3, 4</b>	OP-1.1.1, OP-2.1.1, OP-7.1.1
4.1.	Многоуровневая архитектура памяти. Статическая и динамическая память. КЭШ память. КЭШ прямого отображения. Полностью ассоциативный КЭШ. Множественно ассоциативный КЭШ. Многоуровневое построение КЭШ памяти. Методы построения КЭШ памяти различных уровней. Принципы организации оперативной памяти. Элемент динамической памяти. Массивы ячеек и структура микросхем динамической памяти. Классификация типов памяти случайного доступа. Физическое и логическое построение оперативной и дисковой памяти. Многоканальная память. Технологии FPM, EDO, BEDO, SDR SDRAM, DDR SDRAM, DDR2 SDRAM, DDR3 SDRAM. Типы модулей памяти. Механизмы обеспечения высокой отказоустойчивости оперативной памяти.	Лекции	2		8		
4.2.	<b>Темы занятий в рамках раздела:</b> Анализ влияния параметров кэша (ассоциативность, емкость, размер блока, распределение вероятностей востребованности блоков памяти процессором) на вероятность попадания. Исследование влияния параметров ассоциативности и глубины неблокируемости кэш-памяти на операционные характеристики кэша и время его загрузки новым приложением. Обсуждение факторов, определяющих быстродействие кэш-памяти.	СРС	2		10		
	<b>Раздел 5. Методы обеспечения отказоустойчивости и масштабирования</b>		2		6	<b>1, 2, 3, 4</b>	OP-1.1.1, OP-2.1.1, OP-7.1.1
5.1.	Дисковые запоминающие устройства. Принципы работы энергонезависимых SSD-дисков. Преимущества и недостатки SSD-памяти. Методы реализации когерентности многоуровневой памяти многопроцессорных вычислительных систем. Методы защиты дисковой памяти от сбоев. Отказоустойчивые массивы дисков (RAID), уровни RAID. Методы виртуализации аппаратуры вычислительных систем. Аппаратная виртуализация, виртуализация средствами ОС, виртуализация на основе гипервизоров. Решение компания VM-Ware в области виртуализации серверных групп.	Лекции	2		5,7		
5.2.	<b>Темы занятий в рамках раздела:</b> Сравнительный анализ возможностей HDD- и SSD-дисков. Протоколы обеспечения когерентности в системах иерархической памяти. Сравнительный анализ различных протоколов когерентности.	СРС	2		7		
	<b>Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена</b>	СРС	<b>2</b>		<b>31,7</b>	<b>1, 2, 3, 4</b>	
	<b>Прохождение промежуточной аттестации в форме экзамена</b>	Э	<b>2</b>		<b>4,3</b>		

#### **4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины**

- для освоения дисциплины необходимо регулярное посещение лекций и повторение пройденного материала;

- самостоятельная работа студентов включает повторение пройденного материала и изучение рекомендованных разделов из основной и дополнительной литературы;

- промежуточная аттестация по дисциплине выполняется в виде контрольной работы по освоенному материалу.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, и методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, приведены в Приложении 1 к рабочей программе «Фонд оценочных средств».

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для текущей аттестации, и методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов текущей аттестации, приведены в Приложении 2 к рабочей программе «Примерные оценочные средства текущей аттестации».

##### **4.1. Рекомендуемая литература и учебно-методическое обеспечение**

№ п/п	Авторы / составители	Заглавие	Издательство	Год издания, количество страниц
Основная литература				
1.	Танненбаум Э., Остин Т.	Архитектура компьютера 6-е издание	СПб.: Питер	2019 г., 816 с.
2.	Сущенко С.П.	Архитектура вычислительных систем	Томск: Издательский дом «СКК-Пресс»	2006 г., 198 с.
Дополнительная литература				
3.	Павлов А.В.	Архитектура вычислительных систем	СПб: Университет ИТМО	2016 г., 86 с.
4.	Грейбо С.В., Новоселова Т.Е., Пронькин Н.Н., Семенычева И.Ф.	Архитектура вычислительных систем	М.: МГМУ	2019 г., 77 с.

##### **4.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные**

1. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] / Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ: [сайт]. – [Томск, 2011–2016]. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>.

2. WWW.kavserver.ru

##### **4.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения**

MS Windows; MS Office.

##### **4.4. Оборудование и технические средства обучения**

Для реализации дисциплины необходимы лекционные аудитории. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации образовательного материала в рамках изучаемых разделов. Вся основная и дополнительная

литература, необходимая для самостоятельной работы и подготовки к экзамену, имеется в научной библиотеке ТГУ.

#### **5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

Обучающимся необходимо на лекциях строго фиксировать содержание излагаемого материала, перед каждой следующей лекцией освежать содержание предыдущей (при необходимости – предыдущих) лекции. В случае трудностей восприятия содержания – готовить вопросы преподавателю к очередной лекции.

#### **6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину**

Сушенко Сергей Петрович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики ТГУ.

#### **7. Язык преподавания – русский язык.**