МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **09.03.02 Информационные системы и технологии**
Направленность (профиль) / специализация: **Компьютерные технологии в радиотехнике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра телевидения и управления (ТУ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	10	10	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	10	10	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	16	16	часов
Самостоятельная работа	64	64	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 72344

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Цель дисциплины состоит в изучении математических моделей, методов и технологий параллельного программирования вычислительных средств в объеме, достаточном для успешного начала работ в области параллельного программирования.

1.2. Задачи дисциплины

1. Основной задачей изучения дисциплины является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков посредством разработки специализированных алгоритмов и программ для вычислительных комплексов и систем.
2. Получение базового объема знаний и умений разработки сложных программ. Изучение курса поддерживается расширенным лабораторным практикумом.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.01.07.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 72344

ПК-2. Способность выполнять работы по созданию (модификации) и сопровождению информационных систем	ПК-2.1. Знает инструменты и методы верификации программного кода, проектирования архитектуры и дизайна системы, а также прототипирования пользовательского интерфейса	Знает инструменты и методы верификации программного кода, а также прототипирования программных продуктов, в том числе организации многопоточной обработки данных
	ПК-2.2. Умеет анализировать нормативную документацию и проектировать архитектуру информационной системы	Умеет анализировать документацию и проектировать архитектуру информационных систем с использованием методов и алгоритмов параллельного программирования
	ПК-2.3. Владеет навыками разработки прототипа информационной системы, в соответствии с установленными требованиями	Владеет навыками разработки, отладки и тестирования прототипа программного обеспечения, включающих запуск параллельных дочерних потоков и их синхронизацию в соответствии требуемым критериям и установленным требованиям к прототипу

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	44	44
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	64	64
Подготовка к зачету	30	30
Подготовка к тестированию	30	30
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	4
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 72344

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Введение в параллельное программирование	2	-	-	4	6	ПК-2
2 Многоядерные ЦПУ. Устройство процессов и потоков в ОС	2	-	-	4	6	ПК-2
3 Модели параллельных вычислений	1	-	-	4	5	ПК-2
4 Параллельные алгоритмы и структуры данных	1	-	-	4	5	ПК-2
5 Синхронизация и взаимодействие потоков	1	-	-	4	5	ПК-2
6 Параллельные архитектуры и процессоры	1	-	-	4	5	ПК-2
7 Распределенное параллельное программирование	1	-	-	4	5	ПК-2
8 Анализ и оценка производительности параллельных программ	1	2	-	4	7	ПК-2
9 Программирование на многоядерных ЦПУ	1	-	-	4	5	ПК-2
10 Распределенные вычисления на графических процессорах (GPU)	1	-	-	4	5	ПК-2
11 Программирование на кластерах и облачных платформах	1	2	-	4	7	ПК-2
12 Ограничния и сложности реализации алгоритмов параллельного программирования	1	-	-	4	5	ПК-2
13 Тестирование и отладка параллельных программ	1	-	-	4	5	ПК-2
14 Синхронизация и взаимодействие потоков в языке Python	1	4	8	6	19	ПК-2
16 Программирование на многоядерных системах с использованием языка C++	2	2	8	6	18	ПК-2
Итого за семестр	18	10	16	64	108	
Итого	18	10	16	64	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			

Согласована на портале № 72344

1 Введение в параллельное программирование	Определение параллельного программирования. Основные причины использования параллельного программирования. Преимущества и ограничения параллельного программирования. Виды параллельных систем и аппаратной поддержки	2	ПК-2
	Итого	2	
2 Многоядерные ЦПУ. Устройство процессов и потоков в ОС	Вычислительная архитектура многоядерных процессоров. Выполнение нескольких задач одновременно за счет наличия физических или логических ядер. Параллельное выполнение отдельных потоков инструкций отдельным ядром многоядерного ЦПУ. Процессы и потоки - основные единицы выполнения программ в операционной системе. Процесс. Адресное пространство и ресурсы ядра. Совместное использование адресного пространства ЦПУ посредство потоков. Возможности разделения выполнения инструкций программы в независимых потоках. Алгоритмы, методы и инструменты операционной системы для планирования и управления работы процессов и потоков. Механизмы синхронизации и взаимодействия потоков. Блокировки, семафоры и мьютексы для предотвращения гонок данных и обеспечения согласованности выполнения инструкций программы.	2	ПК-2
	Итого	2	
3 Модели параллельных вычислений	Концепция модели параллельных вычислений. Примеры моделей параллельных вычислений: SIMD, MIMD, SPMD, BSP и др. Распределенные и разделяемые памятные модели. Абстракции и применение моделей параллельных вычислений.	1	ПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 72344

4 Параллельные алгоритмы и структуры данных	Классификация параллельных алгоритмов: декомпозиция задачи, синхронизация, распределение данных, и д.р. Параллельные алгоритмы для сортировки, поиска, обхода графов и других задач. Параллельные структуры данных: массивы, списки, деревья, хеш-таблицы и др. Распараллеливание алгоритмов на основе разных подходов (разделение задачи, разделение данных и т.д.)	1	ПК-2
	Итого	1	
5 Синхронизация и взаимодействие потоков	Механизмы синхронизации (мьютексы, семафоры, барьеры и т.д.). Взаимодействие между потоками (общие ресурсы, передача сообщений и т.д.). Проблемы синхронизации и методы их решения. Механизмы взаимодействия потоков: сигналы, сообщения.	1	ПК-2
	Итого	1	
6 Параллельные архитектуры и процессоры	Типы параллельных архитектур: SIMD, MIMD, многоядерные процессоры и др. Распределение нагрузки и балансировка нагрузки на параллельных архитектурах. Характеристики параллельных процессоров: кэши, пайплайны, векторные инструкции и др.	1	ПК-2
	Итого	1	
7 Распределенное параллельное программирование	Распределенные системы и архитектуры: кластеры, сети, GRID и др. Модели программирования распределенных систем: MPI, RPC, акторы и др. Синхронизация и коммуникация в распределенных системах.	1	ПК-2
	Итого	1	
8 Анализ и оценка производительности параллельных программ	Методы измерения производительности параллельных программ. Сравнение эффективности различных параллельных алгоритмов и структур данных. Масштабируемость и ускорение параллельных программ.	1	ПК-2
	Итого	1	
9 Программирование на многоядерных ЦПУ	Особенности программирования для мультиядерных процессоров. Разделение задач на потоки и управление потоками. Использование параллельных библиотек и фреймворков для мультиядерных систем.	1	ПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 72344

10 Распределенные вычисления на графических процессорах (GPU)	Архитектура и особенности GPU для параллельных вычислений. Языки и фреймворки для программирования на GPU. Оптимизация и эффективное использование ресурсов GPU.	1	ПК-2
	Итого	1	
11 Программирование на кластерах и облачных платформах	Архитектура кластерных систем и облачных платформ. Модели программирования для кластеров и облачных ресурсов. Управление ресурсами и масштабируемость в кластерных и облачных средах.	1	ПК-2
	Итого	1	
12 Ограничния и сложности реализации алгоритмов параллельного программирования	Типичные ошибки и проблемы при разработке параллельных программ. Гонки данных, блокировки, дедлоки и другие конфликты. Методы отладки и диагностики ошибок в параллельных программах.	1	ПК-2
	Итого	1	
13 Тестирование и отладка параллельных программ	Методы тестирования параллельных программ. Тестирование на устойчивость к конкурентным условиям. Отладка и профилирование параллельных программ. Особенности тестирования параллельных программ. Создание тестовых сценариев для параллельных приложений. Использование инструментов для отладки и тестирования параллельных программ.	1	ПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 72344

14 Синхронизация и взаимодействие потоков в языке Python	Синхронизация и взаимодействие потоков в Python. Модуль threading. Условные переменные. Безопасное взаимодействие и обмен данными между потоками. Очереди (queue). Пул потоков (thread pool). Алгоритм защиты критических секций кода или критических ресурсов. Глобальная блокировка (Global Interpreter Lock, GIL) в Python. Ограничение на уровне интерпретатора выполнения задачи только одним потоком Python. 9. Использование многопоточности в Python может повысить производительность при выполнении задач, которые блокируются на вводе-выводе. 10. Правильное управление синхронизацией и взаимодействием потоков позволяет избежать гонок данных, дедлоков и других проблем, связанных с параллельным выполнением кода.	1	ПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 72344

16 Программирование на многоядерных системах с использованием языка C++	Использование библиотеки std::thread для создания и управления потоками в C++. Разделение задач на независимые подзадачи для параллельного выполнения. Синхронизация потоков с использованием мьютексов (std::mutex) и блокировок (std::lock_guard, std::unique_lock) для обеспечения безопасности доступа к общим данным. Использование условных переменных (std::condition_variable) для ожидания определенных условий и уведомления потоков о изменениях состояния. Разделение данных между потоками с использованием потокобезопасных контейнеров (std::vector, std::map, std::queue) или примитивов синхронизации (std::atomic) для избежания гонок данных. Разработка параллельных алгоритмов с использованием параллельных циклов (std::for_each, std::transform) и алгоритмов работы с итераторами (std::accumulate, std::find). Использование параллельных алгоритмов библиотеки Intel Threading Building Blocks (TBB) для эффективного распараллеливания задач. Использование параллельных вычислений с использованием OpenMP директив и аннотаций для распараллеливания циклов, секций кода и управления потоками. Изучение механизмов распределенных вычислений, таких как MPI (Message Passing Interface), для взаимодействия и синхронизации между множеством компьютеров или узлов. Оптимизация производительности на многоядерных системах с использованием техник, таких как разделение нагрузки, балансировка нагрузки, минимизация синхронизации и избегание ложной зависимости данных.	2	ПК-2
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции

Согласована на портале № 72344

7 семестр			
8 Анализ и оценка производительности параллельных программ	Анализ и оценка производительности программы с использованием инструментов параллельного программирования и без них.	2	ПК-2
	Итого	2	
11 Программирование на кластерах и облачных платформах	Разработка алгоритма параллельного программирования с использованием облачной платформы.	2	ПК-2
	Итого	2	
14 Синхронизация и взаимодействие потоков в языке Python	Синхронизация потоков в Python	2	ПК-2
	Распараллеливание алгоритма тестовой задачи на Python	2	ПК-2
	Итого	4	
16 Программирование на многоядерных системах с использованием языка C++	Разработка программы с применением методов параллельного программирования на языке C++	2	ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		10	
Итого		10	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
14 Синхронизация и взаимодействие потоков в языке Python	Разработка параллельной программы для поиска простых чисел на языке Python с использованием многопоточности	2	ПК-2
	Параллельная обработка изображений с использованием библиотеки OpenCV на языке Python	2	ПК-2
	Параллельная обработка больших данных на языке Python.	2	ПК-2
	Распараллеливание алгоритма (метод k-средних) применяя методы машинного обучения на языке Python с использованием библиотеки scikit-learn.	2	ПК-2
	Итого	8	

Согласована на портале № 72344

16 Программирование на многоядерных системах с использованием языка C++	Реализация параллельной сортировки массива на языке C++	2	ПК-2
	Распараллеливание вычислений с использованием OpenMP на примере вычисления числа Пи на языке C++	2	ПК-2
	Реализация параллельного алгоритма слияния отсортированных списков на языке C++ с использованием механизма потоков.	2	ПК-2
	Разработка параллельного алгоритма поиска кратчайшего пути в графе на языке C++ с использованием алгоритма Дейкстры	2	ПК-2
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Введение в параллельное программирование	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
2 Многоядерные ЦПУ. Устройство процессов и потоков в ОС	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
3 Модели параллельных вычислений	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
4 Параллельные алгоритмы и структуры данных	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
5 Синхронизация и взаимодействие потоков	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		

Согласована на портале № 72344

6 Параллельные архитектуры и процессоры	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
7 Распределенное параллельное программирование	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
8 Анализ и оценка производительности параллельных программ	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
9 Программирование на многоядерных ЦПУ	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
10 Распределенные вычисления на графических процессорах (GPU)	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
11 Программирование на кластерах и облачных платформах	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
12 Ограничния и сложности реализации алгоритмов параллельного программирования	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
13 Тестирование и отладка параллельных программ	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	4		
14 Синхронизация и взаимодействие потоков в языке Python	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2	Лабораторная работа
	Итого	6		
16 Программирование на многоядерных системах с использованием языка C++	Подготовка к зачету	2	ПК-2	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2	Лабораторная работа
	Итого	6		
Итого за семестр		64		

Согласована на портале № 72344

Итого	64	

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Зачёт	10	10	10	30
Лабораторная работа	10	15	15	40
Тестирование	10	10	10	30
Итого максимум за период	30	35	35	100
Нарастающим итогом	30	65	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)

Согласована на портале № 72344

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Гергель, Виктор Павлович. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : учебник для вузов. - М. : Издательство Московского университета , 2010. - 544 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 26 экз.).

2. Программирование на параллельных вычислительных системах : Пер. с англ.. - М. : Мир , 1991. - 372[4] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.).

3. Гримм, Р. Параллельное программирование на современном C++. Что каждый профессионал должен знать о параллельном программировании / Р. Гримм ; перевод с английского В. Ю. Винника. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 616 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/314870.

4. Арыков, С. Б. Параллельное программирование над общей памятью. OpenMP : учебное пособие / С. Б. Арыков, М. А. Городничев, Г. А. Щукин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 95 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/152252.

5. Восс, М. Параллельное программирование на C++ с помощью библиотеки TBB : руководство / М. Восс, Р. Асенхо, Д. Рейндерс ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 674 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/179500.

7.2. Дополнительная литература

1. Методы и технологии разработки клиент-серверных приложений: Учебное пособие / Ю. В. Морозова, В. В. Кручинин - 2018. 106 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7922.

2. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi : учебное пособие для вузов / А. А. Малявко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 135 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/514199.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Филатов, А. С. Параллельное программирование : учебное пособие / А. С. Филатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/218429.

2. Лебедев, А. С. Технология параллельного программирования : учебно-методическое пособие / А. С. Лебедев, Ш. Г. Магомедов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/176524.

3. Энтони, У. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ : учебное пособие / У. Энтони ; перевод с английского А. А. Слинкин. — Москва : ДМК Пресс, 2012. — 672 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4813.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

Согласована на портале № 72344

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория цифровой обработки сигналов: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 210а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- ТВ BBQ;
- Магнитно-маркерная доска;
- Магнитно-маркерная (переносная);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome;
- Microsoft Visual Studio 2010;
- Microsoft Windows XP Professional;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория цифровой обработки сигналов: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 210а ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- ТВ BBQ;
- Магнитно-маркерная доска;
- Магнитно-маркерная (переносная);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome;
- Microsoft Visual Studio 2010;
- Microsoft Windows XP Professional;

Согласована на портале № 72344

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение в параллельное программирование	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 72344

2 Многоядерные ЦПУ. Устройство процессов и потоков в ОС	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Модели параллельных вычислений	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Параллельные алгоритмы и структуры данных	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Синхронизация и взаимодействие потоков	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Параллельные архитектуры и процессоры	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Распределенное параллельное программирование	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Анализ и оценка производительности параллельных программ	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Программирование на многоядерных ЦПУ	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Распределенные вычисления на графических процессорах (GPU)	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
11 Программирование на кластерах и облачных платформах	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
12 Ограничния и сложности реализации алгоритмов параллельного программирования	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
13 Тестирование и отладка параллельных программ	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 72344

14 Синхронизация и взаимодействие потоков в языке Python	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
16 Программирование на многоядерных системах с использованием языка C++	ПК-2	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 72344

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает 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. Обучающихся 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. Обучающийся 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 дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что такое параллельное программирование?
   a) Программирование на нескольких языках одновременно
   b) Программирование с использованием параллельных алгоритмов
   c) Программирование на многопроцессорных системах
   d) Программирование для сетевых приложений
2. Что такое поток (thread) в контексте параллельного программирования?
   a) Часть исполняемого кода
   b) Параллельная ветвь исполнения в программе
   c) Физический процессор в системе
   d) Метод синхронизации работы программы
3. Какие виды зависимостей данных возникают в параллельном программировании?
   a) Потоковые зависимости
   b) Зависимости по данным (data dependencies)
   c) Зависимости по управлению (control dependencies)
   d) Временные зависимости
4. Какая модель памяти используется в параллельном программировании?
   a) Однопоточная модель памяти
   b) Модель распределенной памяти
   c) Модель разделяемой памяти
   d) Модель виртуальной памяти
5. Что такое синхронизация в параллельном программировании?
   a) Механизм обмена данными между потоками
   b) Метод определения потоковой зависимости
   c) Метод контроля доступа к общим данным
   d) Метод определения временных зависимостей
6. Какая техника параллельного программирования используется для разделения задачи на независимые подзадачи?
   a) Распределение нагрузки (load balancing)
   b) Разделение (decomposition)
   c) Кэширование (caching)
   d) Пулинг (pooling)

Согласована на портале № 72344

7. Какой инструмент используется для измерения производительности параллельных программ?
   a) Профилировщик (profiler)
   b) Компилятор (compiler)
   c) Отладчик (debugger)
   d) Счетчик процессорного времени
8. Что такое дедлок (deadlock) в параллельном программировании?
   a) Ошибка в синтаксисе программы
   b) Ситуация, когда два или более потоков блокируются и ожидают друг друга
   c) Ошибка деления на ноль
   d) Превышение максимального времени выполнения программы
9. Какой подход к параллельному программированию использует модель акторов?
   a) Распределенное программирование
   b) Объектно-ориентированное программирование
   c) Функциональное программирование
   d) Событийно-ориентированное программирование
10. Что такое барьерная синхронизация (barrier synchronization)?
    a) Механизм, который гарантирует, что все потоки достигли определенной точки в программе
    b) Механизм, который разделяет работу между потоками
    c) Механизм, который управляет доступом к общим ресурсам
    d) Механизм, который устанавливает приоритет выполнения потоков

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Что такое параллельное программирование?
2. Векторная и конвейерная обработка данных.
3. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных.
4. Закон Мура, сдерживающие факторы наращивания количества транзисторов на кристалле и частоты процессоров.
5. Повышение производительности процессора при обработке массивов с использованием циклов. Явные циклы с постоянными границами. Многократное использование КЭШа.
6. Архитектурно-зависимая оптимизация; отличия развертывания циклов для векторных и кэш-ориентированных архитектур.
7. Конвейерная обработка данных. Зависимость производительности процессора от способа описания и хранения данных. 6. Стандартные методики измерения производительности MIPS, MFLOPS и т.д.
8. Производительность кластера - латентность, пропускная способность. Общепризнанные методики измерения производительности многопроцессорных вычислительных систем.
9. Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем. Массивно-параллельные системы (MPP).
10. Симметричные мультипроцессорные системы (SMP).
11. Параллельные векторные системы (PVP).
12. Системы с неоднородным доступом к памяти (Numa), примеры систем. Компьютерные кластеры - специализированные и полнофункциональные.
13. Функциональный параллелизм, параллелизм по данным. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD.
14. Парадигма конвейеризации. Парадигма "разделяй и властвуй". Спекулятивный параллелизм. Важность выбора технологии для реализации алгоритма.
15. Модель обмена сообщениями - MPI.
16. Модель общей памяти - OpenMP.
17. Библиотека MPI. Модель SIMD. Инициализация и завершение MPI-приложения. Точечные обмены данными между процессами MPI-программы.
18. Режимы буферизации. Проблема deadlock'ов. Коллективные взаимодействия процессов в MPI. Управление группами и коммуникаторами в MPI.
19. Стандарты программирования для систем с разделяемой памятью. Создание многопоточных приложений.
20. Использование многопоточности при программировании для многоядерных платформ.

Согласована на портале № 72344

Синхронизация данных между ветвями в параллельной программе. Директивы языка OpenMP.
21. Гибридные модели программирования SMP-систем.
22. Передача данных между узлами кластера функциями MPI, обмен данными внутри узла между ядрами процессора через потоки OpenMP.
23. Классификация ошибок параллельных программ. Особенности отладки параллельных приложений.
24. Трассировка. Отладка с помощью последовательных отладчиков. Параллельный Отладчик TotalView. Профилирование.
25. Степень параллелизма численного алгоритма. Средняя степень параллелизма численного алгоритма. Зернистость алгоритма. Ускорение и эффективность.
26. Закон Амдала. Алгоритм исследования свойств параллельного алгоритма.
27. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
28. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
29. Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
30. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса - Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
31. Какой инструмент используется для параллельного программирования на языке Python?
32. Что такое race condition в параллельном программировании?
33. Какая конструкция используется для синхронизации доступа к общим ресурсам в многопоточной среде?
34. Какой метод является одним из подходов к распараллеливанию задач на GPU?
35. Что такое GIL (Global Interpreter Lock) в контексте Python?
36. Какой инструмент используется для параллельного программирования на языке C++?
37. Какая техника позволяет разделить задачу на подзадачи и выполнять их параллельно?
38. Какой тип параллельного программирования использует модель акторов?
39. Что такое deadlock в контексте параллельного программирования?
40. Какая техника позволяет избежать deadlock в параллельном программировании?
41. Какой инструмент используется для распределенного параллельного программирования?
42. Что такое атомарная операция в контексте параллельного программирования?
43. Какой из следующих шаблонов проектирования применяется в параллельном программировании для организации взаимодействия потоков?
44. Что такое атомарность в контексте параллельного программирования?
45. Какой из следующих подходов является основным в MPI?
46. Какая концепция используется в OpenMP для организации параллельных вычислений?
47. Какая конструкция в Python используется для создания и управления потоками выполнения?
48. Какой инструмент используется для измерения производительности параллельных программ?
49. Какой из следующих методов не является подходом к декомпозиции задачи в параллельном программировании?

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Разработка параллельной программы для поиска простых чисел на языке Python с использованием многопоточности
2. Параллельная обработка изображений с использованием библиотеки OpenCV на языке Python
3. Параллельная обработка больших данных на языке Python.
4. Распараллеливание алгоритма (метод k-средних) применяя методы машинного обучения на языке Python с использованием библиотеки scikit-learn.
5. Реализация параллельной сортировки массива на языке C++
6. Распараллеливание вычислений с использованием OpenMP на примере вычисления числа Пи на языке C++
7. Реализация параллельного алгоритма слияния отсортированных списков на языке C++ с

Согласована на портале № 72344

использованием механизма потоков.

8. Разработка параллельного алгоритма поиска кратчайшего пути в графе на языке C++ с использованием алгоритма Дейкстры

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

Согласована на портале № 72344

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 72344

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТУ
протокол № 23 от «15» 2 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ТУ	Т.Р. Газизов	Согласовано, dccabe2f-73cc-455a-90f8-2fcc230a841e
Заведующий обеспечивающей каф. ТУ	Т.Р. Газизов	Согласовано, dccabe2f-73cc-455a-90f8-2fcc230a841e
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ТУ	А.Н. Булдаков	Согласовано, d65c269c-f546-4509-b920-73aeef59fee4
Старший преподаватель, каф. ТУ	А.В. Бусыгина	Согласовано, 7d0bdef1-6f57-4269-9fbe-4beb03053805

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ТУ	С.П. Куксенко	Разработано, 51277244-a412-430d-9479-a52ed425b1e9
Ассистент, каф. ТУ	А.В. Осинцев	Разработано, eaca1dbf-3450-4b0d-8d0c-8f642316f32b

Согласована на портале № 72344