

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 12:03:21

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73bd70e8186ca862b8d802

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

« 29 » *сентября* 2023 г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Разработка многопоточных приложений в среде IPS»

Направление подготовки – 01.04.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль) – «Цифровая обработка сигналов и изображений»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-1** «Способен к разработке и применению аналитических и численных методов для исследования математических моделей в различных областях знания» **сформулирована на основе профессионального стандарта 06.028** «Системный программист».

**Обобщенная трудовая функция С (7)** – «Разработка операционных систем».

**Трудовая функция С/03.7** – «Написание компонентов операционной системы».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.РМПр Способен разрабатывать многопоточные приложения в среде IPS	Разработка программного обеспечения вычислительной техники и высокопроизводительных систем.	<b>Знания:</b> особенностей распараллеливания приложений при использовании многоядерных процессоров Intel. <b>Умения:</b> использовать среду Intel Parallel Studio и средства разработки многопоточных приложений OpenMP, Cilk Plus и ТВВ. <b>Опыт</b> разработки многопоточных приложений в среде IPS для исследования математических моделей в различных областях знания.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы (является элективной).

Входные требования к дисциплине–необходимы компетенции, связанные с высокоуровневым программированием, требуются знания особенностей многопоточности в операционных системах.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	3	108	-	-	32	76	За

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
<b>Модуль 1.</b> Составить функции Intel Parallel Studio	-	-	4	10	Активности на практических занятиях
					Проверка выполнения индивидуальных самостоятельных заданий
					Выполнение заданий практических занятий
<b>Модуль 2.</b> Разработка параллельных программ с использованием Intel Parallel Studio	-	-	8	10	Тестирование
					Проверка выполнения индивидуальных самостоятельных заданий
					Выполнение заданий практических занятий
<b>Модуль 3.</b> Поиск основных ошибок, свойственных параллельному программированию, с использованием Intel Parallel Inspector	-	-	8	14	Тестирование
					Проверка выполнения индивидуальных самостоятельных заданий
					Выполнение заданий практических занятий

<b>Модуль 4.</b> Повышение эффективности параллельных программ средствами Intel Parallel Amplifier	-	-	8	14	Тестирование
					Проверка выполнения индивидуальных самостоятельных заданий
					Выполнение заданий практических занятий
<b>Модуль 5.</b> Введение параллелизма с использованием Intel Parallel Advisor	-	-	4	14	Тестирование
					Проверка выполнения индивидуальных самостоятельных заданий
					Выполнение заданий практических занятий
<b>Модуль 6.</b> Индивидуальный проект: Разработка многопоточных приложений с использованием Intel Cilk Plus	-	-	0	14	Выполнение задания по проекту
					Проверка выполнения индивидуальных самостоятельных заданий
					Тестирование

#### 4.1. Лекционные занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.2. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля	дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1		1	2	Подходы к параллельному программированию.
		2	2	Средства разработки параллельных программ от Intel. Обзор Intel Parallel Studio XE.
2		3	2	Инструменты разработки
		4	2	Методика разработки параллельных программ. Основные проблемы свойственные параллельному программированию.

	5	2	Разработка параллельных программ с использованием стандарта OpenMP. Планировщик OpenMP 1.
	6	2	Разработка параллельных программ с использованием стандарта OpenMP. Планировщик OpenMP 2.
	7	2	Подходы к оптимизации кода 1.
	8	2	Подходы к оптимизации кода 2.
3	9	2	Поиск ошибок, свойственных параллельному программированию с использованием Intel Parallel Inspector. Детектирование взаимных блокировок.
	10	2	Поиск ошибок, свойственных параллельному программированию с использованием Intel Parallel Inspector. Детектирование гонок данных.
	11	2	Поиск ошибок, свойственных параллельному программированию с использованием Intel Parallel Inspector. Детектирование ошибок работы с памятью.
	12	2	Поиск ошибок, свойственных параллельному программированию с использованием Intel Parallel Inspector. Контролирование уровня детализации. Создание пользовательского анализа в Intel Parallel Inspector.
4	13	2	Тонкая настройка параллельных программ с использованием Intel Amplifier. Поиск часто используемых участков кода
	14	2	Тонкая настройка параллельных программ с использованием Intel Amplifier. Поиск блокировок и ожиданий. Использование Intel Software Autotuning Tool
5	15	2	Введение параллелизма в существующий код. Оценка пригодности и корректности
	16	2	Разработка параллельных программ с использованием Intel Parallel Advisor.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля	дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1		3	Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме «Состав и функции Intel Parallel Studio»
		3	Самостоятельное выполнение задания занятия 2
		2	Выполнение индивидуальных самостоятельных заданий по тематике практических работ
		2	Подготовка отчета по заданию занятия 2
2		3	Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме «Разработка параллельных программ»
		3	Самостоятельное выполнение задания занятия 3
		2	Выполнение индивидуальных самостоятельных заданий по тематике

		практических работ
	2	Подготовка отчета по заданию занятия 3
3	3	Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме «Поиск основных ошибок, свойственных параллельному программированию»
	3	Самостоятельное выполнение задания занятия 4
	2	Выполнение индивидуальных самостоятельных заданий по тематике практических работ
	2	Подготовка отчета по заданию занятия 4
	2	Подготовка к тесту «Разработка параллельных программ I»
	2	Изучение материалов по проекту и анализ способов решения (статья 1)
4	3	Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме «Повышение эффективности параллельных программ»
	3	Самостоятельное выполнение задания занятия 5
	2	Выполнение индивидуальных самостоятельных заданий по тематике практических работ
	2	Подготовка отчета по заданию занятия 5
	2	Подготовка к тесту «Разработка параллельных программ II»
	2	Изучение материалов по проекту и анализ способов решения (статья 2)
5	3	Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме «Введение параллелизма с использованием IntelParallelAdvisor»
	3	Самостоятельное выполнение задания занятия 7
	2	Выполнение индивидуальных самостоятельных заданий по тематике практических работ
	2	Подготовка отчета по заданию занятия 7
	2	Подготовка к тесту «Разработка параллельных программ III»
	2	Изучение материалов по проекту и анализ способов решения (статья 3)
6	2	Изучение материалов по проекту и анализ способов решения (статья 4)
	2	Подготовка к тесту «Введение параллелизма с использованием Intel Parallel Advisor»
	2	Самостоятельное выполнение проектного задания методом 1.
	2	Выполнение индивидуальных самостоятельных заданий по тематике практических работ
	4	Самостоятельное выполнение проектного задания методом 2.
	2	Подготовка отчета по проекту

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL:<https://orioks.miet.ru>):

✓ Для подготовки отчетов по лабораторным работам:

### **Модуль 1 «Состав и функции Intel Parallel Studio»:**

- ✓ Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме модуля

### **Модуль 2 «Разработка параллельных программ с использованием Intel Parallel Studio»:**

- ✓ Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме модуля

### **Модуль 3 «Поиск основных ошибок, свойственных параллельному программированию, с использованием Intel Parallel Inspector»:**

- ✓ Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме модуля
- ✓ Подготовка к тесту «Разработка параллельных программ I»
- ✓ Изучение материалов по проекту и анализ способов решения

### **Модуль 4 «Повышение эффективности параллельных программ средствами Intel Parallel Amplifier»:**

- ✓ Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме модуля
- ✓ Подготовка к тесту «Разработка параллельных программ II»
- ✓ Изучение материалов по проекту и анализ способов решения

### **Модуль 5 «Введение параллелизма с использованием Intel Parallel Advisor»:**

- ✓ Изучение учебной литературы и работа с электронными ресурсами Интернет по теме модуля
- ✓ Подготовка к тесту «Разработка параллельных программ III»
- ✓ Изучение материалов по проекту и анализ способов решения

### **Модуль 6 «Индивидуальный проект: Разработка многопоточных приложений с использованием Intel Cilk Plus»:**

- ✓ Подготовка к тесту «Введение параллелизма с использованием Intel Parallel Advisor»
- ✓ Изучение материалов по проекту и анализ способов решения

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Blair-Chappell S.
2. Parallel Programming with Intel Parallel Studio XE / S. Blair-Chappell, A. Stokes. - Canada : Wiley, 2012. - 520 с. - ISBN 978-0-470-89165-0
3. Лупин С.А. Технологии параллельного программирования : Учеб. пособие / С.А. Лупин, М.А. Посыпкин; Рец. В.А. Бархоткин. - М. : Форум : Инфра-М, 2008. - 208 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0336-0; 978-5-16-003155-2
4. Intel Parallel Programming Professional (Introduction) / В.П. Гергель, В.В. Воеводин, А.В. Сысоев [и др.]. - 2-е изд. - М. : ИНТУИТ.РУ, 2016. - 568 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/100606> (дата обращения: 09.12.2020).
5. Биллиг В.А. Параллельные вычисления и многопоточное программирование / В.А. Биллиг. - 2-е изд., испр. - М. : ИНТУИТ, 2016. - 310 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/100361> (дата обращения: 07.12.2020).

6. Янакова Е.С. Основы параллельного и распределенного программирования : Учеб. пособие / Е.С. Янакова, А.А. Доронина, А.Б. Муравьев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2020. - 128 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0939-4

#### **Нормативная литература**

ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками) = System of standards on information, librarianship and publishing. The research report. Structure and rules of presentation : Межгосударственный стандарт : Введ. 01.07.2018 : Взамен ГОСТ 7.32-2001. - Москва : Стандартинформ, 2018. - [ л.]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200157208> (дата обращения: 24.02.2021). - Текст : электронный.

#### **Периодические издания**

1. ACM TRANSACTIONS ON COMPUTER SYSTEMS = TOCS / Association for Computing Machinery. - USA : ACM Inc., 1983 - . - URL: <https://dl.acm.org/journal/tocs> (дата обращения: 11.03.2021). - Режим доступа: по подписке МИЭТ. - ISSN 0734-2071 (Print); 1557-7333 (Online). - Текст : электронный.
2. IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS. - New York : IEEE, 1990 - . - URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=71>. - Режим доступа: по подписке МИЭТ
3. JOURNAL OF PARALLEL AND DISTRIBUTED COMPUTING = JPDC. - USA : Elsevier Inc., 1984 - . - URL: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-parallel-and-distributed-computing> (дата обращения: 11.03.2021). - Режим доступа: по подписке МИЭТ. - ISSN 0743-7315 (Print); 1096-0848 (Online). - Текст : электронный.

### **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Корпорация Intel: сайт. – URL: <https://software.intel.com/> . – Режим доступа: свободный.
2. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 28.10.2020). - Режим доступа: по подписке МИЭТ.
3. Scopus: экспертно кураторская база данных рефератов и цитат: сайт. – Elsevier, 2020. - URL: <http://www.scopus.com> (дата обращения: 21.10.2020). - Режим доступа: по подписке МИЭТ.
4. Web of Science: поисковая интернет-платформа: сайт. – Clarivate, 2016 - . – URL: <https://clarivate.com/products/web-of-science/>. - Режим доступа: по подписке МИЭТ.
5. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
6. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 05.11.2020); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.



## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования таких инструментов как видеолекции, онлайн тестирование, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети, canvas.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах электронных компонентов по хранению контента курса, в том числе и видеосервисов:

<https://canvas.instructure.com/courses/1844563>

<https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/videos/introduction-to-intel-advisor-vectorization-workflow.html>

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Лаборатория высокопроизводительных систем	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	Visual Studio One API Git
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Win pro от 7, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

## **10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ**

ФОС по подкомпетенции ПК-1.РМПр «Способен к разработке и применению аналитических и численных методов для исследования математических моделей в различных областях знания»».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <https://orioks.miet.ru>.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Дисциплина «Разработка многопоточных приложений в среде IPS» опирается на знания, заложенные в курсах «Параллельное и распределенное программирование», «Технология разработки ПО», «Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем». В результате изучения предлагаемого материала (посещения практических занятий и выполнение предусмотренных в курсе заданий) у студентов должны сформироваться знания и умения, позволяющие самостоятельно разрабатывать наукоемкое программное обеспечение, используя средства Intel Parallel Studio. Студенты должны знать основы разработки параллельных программ, уметь разрабатывать программное обеспечение с учетом специфики программно-аппаратных платформ в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Материал представлен шестью модулями. В первом модуле приводится состав среды Intel Parallel Studio и рассматриваются ее основные функции с описанием возможностей по оптимизации кода. Во втором модуле студенты узнают о возможностях разработки параллельных программ с использованием Intel Parallel Composer, а также таких средств разработки как OpenMP, Cilk Plus и TBB. В третьем модуле рассматриваются вопросы локализации основных ошибок, свойственных параллельному программированию, с использованием Intel Parallel Inspector. В четвертом модуле обобщаются знания, полученные студентами в курсе «Параллельное и распределенное программирование», с рассмотрением вопросов Повышение эффективности параллельных программ с использованием Intel Parallel Amplifier, а также Intel Software Autotuning Tool. Пятый модуль посвящен вопросу внесения изменений в уже существующее программное обеспечение с использованием Intel Parallel Advisor с целью получения параллельных программы и оценки эффективности такого решения. В рамках шестого модуля студентам предлагается выполнить разработку параллельной программы с использованием дополнений языка C++: Intel Cilk Plus. Студентам выдается индивидуальное задание по написанию параллельного приложения. По результатам выполнения работы должен быть оформлен отчет, отражающий методику разработки параллельных программ в среде Intel Parall Studio XE.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки студентов, ими выполняются самостоятельные работы по тематике практических занятий (или семинарных, не знаю что лучше). Самостоятельные работы

могут проходить как аудиторно (в аудитории для самостоятельной подготовки), так и дома. Самостоятельные работы включают в себя использование практических навыков при расчете данных, полученных в ходе решения задач, но без помощи преподавателя и выполняются каждым студентом индивидуально.

По завершении обучения проводится представление результатов выполнения самостоятельного задания, оно может проводиться как на семинарских или лабораторных работах так и дистанционно (путем общения с преподавателем по средствам электронной связи с преподавателем)

Критерием оценки самостоятельных работ является совокупность данных, реализованных и продемонстрированных в каждом конкретном случае.

Полученные знания, используются студентами при выполнении индивидуального задания, а также при написании выпускных квалификационных работ. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 100 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.


#### **РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент Института МПСУ, к.т.н.

 /Д.В. Калеев/

Рабочая программа дисциплины «Разработка многопоточных приложений в среде IPS» по направлению подготовки 01.04.04 «Прикладная математика», направленности (профиля) «Цифровая обработка сигналов и изображений» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании УС Института МПСУ 30 сентября 2022 года, протокол № 1 ✓

Директор Института МПСУ

 /А.Л. Переверзев/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ВМ-1

Заведующий кафедрой ВМ-1

 /А.А. Прокофьев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества:

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ:

/Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова/