

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
прикладной математики и  
информатики**

**А.М. Райгородский**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Конструирование ядра операционной системы
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра системного программирования
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.В. Хорошилов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры системного программирования 06.05.2024

## Аннотация

Дисциплина "Конструирование ядра операционной системы" представляет собой изучение основных принципов и методов разработки ядер операционных систем. В ходе изучения этой дисциплины студенты погружаются в технические аспекты создания и оптимизации ядер операционных систем, которые являются основой для работы всей операционной системы.

Изучение данной дисциплины позволяет студентам глубже понять внутреннее устройство операционных систем, что является важным для специалистов в области разработки программного обеспечения, системного программирования и информационной безопасности.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- изучение основных принципов внутреннего устройства ядра операционной системы, механизмов аппаратной поддержки работы ядра, а также получение навыков проектирования и программирования компонентов ядра операционной системы и отладки программ в привилегированном режиме работы процессора.

### Задачи дисциплины

- освоение студентами основных принципов внутреннего устройства ядра операционной системы;
- приобретение теоретических знаний и практических умений и получение навыков проектирования и программирования компонентов ядра операционной системы и отладки программ в привилегированном режиме работы процессора.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет методами и алгоритмами решения задач	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания

ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы внутреннего устройства ядра операционной системы. Механизмы аппаратной поддержки работы ядра. Механизмы обеспечения защиты ядра операционной системы от приложений и приложений друг от друга. Методы управления и распределения аппаратными ресурсам. Методы и средства виртуализации аппаратных ресурсов.
- фундаментальные понятия, теории современного системного программирования;
- механизмы обеспечения защиты ядра операционной системы от приложений и приложений друг от друга;
- механизмы поиска ошибок с применением динамического инструментирования;
- методы управления и распределения аппаратными ресурсам;

уметь:

- проектировать компоненты ядра операционной системы;;
- отлаживать программы, работающие в привилегированном режиме работы процессора;
- организовывать переключение между режимами работы процессора;
- использовать средства динамического инструментирования для поиска ошибок.

владеть:

- технологиями разработки компонентов ядра операционной системы;
- навыками разработки портируемого программного обеспечения с использованием нескольких компиляторов.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Устройство ядра JOS.	5	5		10
2	Описатели процессов в JOS. Прерывания в x86. Инициализация IDT.	5	5		10
3	Обработка вложенных прерываний в x86.	5	5		10
4	Переключение между режимами работы процессора.	5	5		10
5	Примитивная файловая система	5	5		10
6	Комплексное практическое задание	5	5		25
Итого часов		30	30		75
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	135 час., 3 зач.ед.
--------------------	---------------------

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Введение. Устройство ядра JOS.

Введение. Карта физической памяти x86. Процесс загрузки и инициализации PC. BIOS, инициализация основных устройств. Загрузчик JOS. Загрузка ядра. Устройство ядра JOS. Отладка кода ядра JOS. Компиляция первой собственной функции, вывод строк на консоль.

##### 2. Описатели процессов в JOS. Прерывания в x86. Инициализация IDT.

Описатели процессов в JOS. Создание процессов в JOS, загрузка приложений в память из бинарных секций образа ядра. Переключение контекстов. Кооперативное разделение времени. Примитивный планировщик FIFO без приоритетов.

Прерывания в x86. Инициализация IDT. Обработка прерываний таймера. Вытесняющее разделение времени. Примитивный планировщик Round Robin без приоритетов.

##### 3. Обработка вложенных прерываний в x86.

Обработка вложенных прерываний в x86. Средства синхронизации, состояние гонок, дедлоки. Запрет прерываний, семафоры.

Управление распределением физических страниц. Виртуальная память. Сегментная и страничная трансляция. Таблицы трансляции.

##### 4. Переключение между режимами работы процессора.

Переключение между режимами работы процессора. Прерывания и системные вызовы. Вложенные прерывания. Изменения в создании процессов, переключении между контекстами. Передача данных между программой и ядром.

Управление процессами. Системный вызов `fork()`. Механизмы межпроцессного взаимодействия.

##### 5. Примитивная файловая система

Примитивная файловая система. Реализация системных вызовов `open()`, `close()`, `read()`, `write()`, `exec()`.

Механизмы и виды виртуализации. Аппаратная поддержка виртуализации.

##### 6. Комплексное практическое задание

Комплексное практическое задание

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционная аудитория с проектором. Для самостоятельной работы студенты используют компьютеры в машинных залах и/или личные компьютеры.

#### 6.Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Э. Таненбаум “Архитектура компьютера”, Питер, 2012 г.
2. Э. Таненбаум “Современные операционные системы”, Питер, 2011 г.
3. Э. Таненбаум “Операционные системы. Разработка и реализация”, Питер, 2006 г.
4. А. Робачевский, С. Немнюгин, О. Стесик «Операционная система UNIX», БХВ Санкт-Петербург, 2010 г.

#### Дополнительная литература

1. C. A. R. Hoare, Monitors: An Operating System Structuring Concept. Communications of the ACM, 17(10):549--557, 1974.
2. Thomas W. Doepfner “Operating Systems In Depth: Design and Programming” Wiley, 2010
3. Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman. “Linux Device Drivers”.
4. Ellen Siever, Stephen Figgins, Robert Love, Arnold Robbins. “Linux in a Nutshell”. O'Reilly Media, 2009.
5. Скотт Шакон. «Про Git». Apress. Перевод на русский. (<http://git-scm.com/book/ru>).

#### программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Веб-страница дисциплины: <http://forge.ispras.ru/projects/os-course-YEAR/wiki>
2. IA-32 Intel Architecture Software Developer's Manual Volume 1: Basic Architecture. Basic 80x86 architecture and programming environment. <http://developer.intel.com>.
3. IA-32 Intel Architecture Software Developer's Manual Volume 3A: System Programming Guide. Operating system support, including segmentation, paging, tasks, interrupt and exception handling. <http://developer.intel.com>.
4. Tool Interface Standard Executable and Linking Format (ELF) Specification Version 1.2.
5. Свободно распространяемый эмулятор x86 компьютеров. (<http://qemu.org>)

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<http://forge.ispras.ru/projects/os-course-YEAR/wiki>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Программное обеспечение и информационные технологии не требуются.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- выполнение лабораторных работ, для осознания связей между теорией и практическими навыками;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Информатика и вычислительная техника  
**профиль подготовки:** Прикладная математика и информатика  
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики  
кафедра системного программирования  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.В. Хорошилов, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Конструирование ядра операционной системы» обучающийся должен:

### знать:

- принципы внутреннего устройства ядра операционной системы. Механизмы аппаратной поддержки работы ядра. Механизмы обеспечения защиты ядра операционной системы от приложений и приложений друг от друга. Методы управления и распределения аппаратными ресурсами. Методы и средства виртуализации аппаратных ресурсов.
- фундаментальные понятия, теории современного системного программирования;
- механизмы обеспечения защиты ядра операционной системы от приложений и приложений друг от друга;
- механизмы поиска ошибок с применением динамического инструментирования;
- методы управления и распределения аппаратными ресурсами;

**уметь:**

- проектировать компоненты ядра операционной системы;;
- отлаживать программы, работающие в привилегированном режиме работы процессора;
- организовывать переключение между режимами работы процессора;
- использовать средства динамического инструментария для поиска ошибок.

**владеть:**

- технологиями разработки компонентов ядра операционной системы;
- навыками разработки портируемого программного обеспечения с использованием нескольких компиляторов.

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

**4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Процесс загрузки и инициализации персональных ЭВМ архитектуры x86. Задачи, решаемые BIOS, инициализация основных устройств. Функции загрузчика. Загрузка ядра.
2. Виды архитектур ядра ОС. Монолитные и микроядерные архитектуры.
3. Переключение контекстов. Кооперативное разделение времени. Примитивный планировщик FIFO без приоритетов.
4. Прерывания в x86. Инициализация IDT.
5. Обработка прерываний таймера. Вытесняющее разделение времени. Примитивный планировщик Round Robin без приоритетов. Алгоритмы планирования процессорного времени.
6. Обработка вложенных прерываний в x86. Средства синхронизации, состояние гонок, дедлоки. Запрет прерываний, спинлоки, мьютексы, семафоры. Read-Copy-Update.
7. Карта физической памяти x86. Управление распределением физических страниц.
8. Виртуальная память. Сегментная и страничная трансляция x86. Таблицы трансляции.
9. Переключение между режимами работы процессора. Прерывания и системные вызовы. AMD syscall/sysreturn и Intel sysenter/sysexit. Выполнение системных вызовов без переключения в привилегированный режим.
10. Управление процессами. Системные вызовы fork() и exec(). Механизмы межпроцессного взаимодействия.
11. Механизмы межпроцессного взаимодействия в ОС Linux (сигналы, разделяемая память, семафоры, очереди сообщений, программные каналы, сетевые интерфейсы, взаимодействие на основе файловых систем, KDBUS).
12. Файловые системы. Основные задачи файловых систем. Организации работы файловых систем в ОС Linux: VFS, драйвера файловых систем, bio, кэширование. Обзор современных файловых систем ОС Linux (ext4, btrfs, XFS, jffs2, f2fs).
13. Механизмы и виды виртуализации. Аппаратная поддержка виртуализации (Intel VT-x и AMD AMD-V). Вложенные таблицы трансляции и идентификаторы виртуальных процессоров

**Критерии оценивания**



Оценка по курсу устанавливается в зависимости от суммы технических баллов, набранных студентом в ходе семестра. Каждая лабораторная работа оценивается от 0 до 2 технических баллов. Общая сумма по десяти лабораторным работам может составить от 0 до 20 технических баллов. За выполнение комплексного индивидуального задания студенту может быть начислено от 0 до 80 технических баллов. За выполнение итоговой письменной (экзаменационной) работы студент может получить от 0 до 50 технических баллов. Таким образом, максимально возможная сумма набранных технических баллов составляет 150. Оценка «отлично» ставится студентам, набравшим от 100 баллов и выше. Оценка «хорошо» ставится студентам, набравшим от 70 до 99 технических баллов. Оценка «удовлетворительно» ставится студентам, набравшим от 40 до 69 технических баллов. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, набравшим менее 40 технических баллов.

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

Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Дифференцированный зачёт проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.