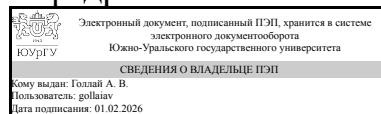


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



А. В. Голлай

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.ПО.11 Построение высоконагруженных и отказоустойчивых систем

для направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

уровень Бакалавриат

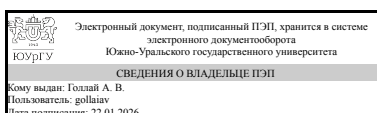
профиль подготовки ИТ-инженерия

форма обучения очная

кафедра-разработчик Центр подготовки топ-специалистов в сфере ИТ "Цифровой Урал"

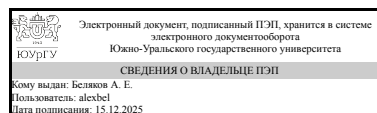
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 929

Зав.кафедрой разработчика,
Д.техн.н., доц.



А. В. Голлай

Разработчик программы,
старший преподаватель



А. Е. Беляков

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: Формирование у обучающихся системных знаний и практических навыков в области разработки, оптимизации и отладки системного программного обеспечения для создания высоконагруженных и отказоустойчивых вычислительных систем, работающих на уровне операционных систем, загрузчиков и аппаратного обеспечения. Задачи дисциплины: 1. Изучить архитектуру ядра Linux (подсистемы управления памятью, процессами, вводом-выводом, сетью); принципы работы и особенности встраиваемых и реального времени (ОСРВ) операционных систем. 2. Научиться анализировать и портировать низкоуровневый код между различными загрузчиками (U-Boot, GRUB, Barebox) и операционными системами; разрабатывать и отлаживать драйверы и системные компоненты на стыке программного обеспечения и аппаратного обеспечения (ПО и АО). 3. Получить практическими навыками (иметь практический опыт) работы с инструментами кросс-компиляции, отладки ядра и загрузчиков, профилирования производительности и диагностики системных сбоев в условиях высокой нагрузки.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина изучает полный стек технологий, необходимых для создания надежных и производительных системных решений. Курс охватывает внутреннее устройство современного ядра Linux, методы обеспечения отказоустойчивости (репликация, кластеризация, мониторинг), принципы работы встраиваемых систем и ОСРВ. Особое внимание уделяется практической работе с загрузчиками, портированию кода, разработке под специфичное аппаратное обеспечение и оптимизации системного ПО под высокие нагрузки. Курс носит ярко выраженный проектно-практический характер.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-11 Способен разрабатывать, оптимизировать и отлаживать системное программное обеспечение	Знает: архитектуру ядра Linux; принципы работы встраиваемых операционных систем Умеет: портировать код между различными вариантами загрузчиков и ОС; выполнять разработку на стыке программного обеспечения и оборудования Имеет практический опыт: работы с ОС, загрузчиками и аппаратурой

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Языки программирования низкого уровня, Архитектура ЭВМ, Основы операционных систем и администрирование Linux	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Основы операционных систем и администрирование Linux	Знает: основные широко распространенные операционные системы, принципы их работы, основные концепции современных операционных систем; особенности архитектуры и организации ОС семейства Linux, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий, архитектуру ядра Linux; принципы работы встраиваемых операционных систем, основные концепции и принципы построения современных операционных систем; архитектуру, функции и назначение подсистем ОС (управление процессами, памятью, вводом-выводом, файловыми системами); особенности организации многопользовательских и многозадачных систем Умеет: устанавливать и настраивать операционную систему, создавать прикладные программы в терминах API ОС, использовать стандартные инструменты современных ОС при решении задач профессиональной деятельности; устанавливать, настраивать и администрировать операционные системы на базе Linux, применять программные среды разработки информационных систем и технологий для решения прикладных задач различных классов, портировать код между различными вариантами загрузчиков и ОС; выполнять разработку на стыке программного обеспечения и оборудования, применять стандартные инструменты современных операционных систем (в том числе Linux и Windows) при решении задач профессиональной деятельности; использовать интерфейсы командной строки и API для взаимодействия с ОС Имеет практический опыт: использования основных видов интерфейсов операционной системы Windows, навыками практической работы в среде Linux, владения технологиями, работы с основными интерфейсами ОС (командный интерфейс и API); средствами диагностики и анализа состояния системы; приемами управления вычислительными ресурсами ОС
Архитектура ЭВМ	Знает: методику настройки и наладки программно-аппаратных комплексов, методы оптимизации (кэш, память, тактовая частота процессора), инструменты профилирования, архитектуру компиляторов, оптимизации для выбранных архитектур процессоров, принципы

	формирования издержек производства, рыночных цен, модели конкурентной структуры рынка, закономерности функционирования экономической макросистемы, возможности существующей программно-технической архитектуры, возможности современных и перспективных средств разработки программных продуктов, технических средств, методологии разработки компьютерного программного обеспечения и технологии программирования Умеет: осуществлять настройку и наладку программно-аппаратных комплексов, анализировать бенчмарки, выявлять узкие места, разрабатывать код, оптимизированный для выбранной аппаратной архитектуры, выявлять факторы, влияющие на динамику затрат в краткосрочном и долгосрочном периодах, условия достижения оптимальных результатов при имеющихся бюджетных ограничениях, проводить сбор и систематизацию требований к компьютерному программному обеспечению, выявлять взаимосвязи и документировать требования к компьютерному программному обеспечению, вырабатывать варианты реализации требований к компьютерному программному обеспечению Имеет практический опыт: настройки программно-аппаратных комплексов, информационного обеспечения процесса принятия управленческих решений, использования инструментов микро- и макроэкономического анализа при решении поставленных задач
Языки программирования низкого уровня	Знает: архитектуру современных процессоров, особенности работы с оборудованием процессора; принципы взаимодействия ПО с аппаратурой, методы и средства оптимизации производительности компьютерного программного обеспечения; современные инструменты оптимизации производительности программного обеспечения Умеет: разрабатывать низкоуровневый код для встроенного программного обеспечения и драйверов, оптимизировать программный код с использованием специализированных программных средств; вырабатывать варианты оптимизации производительности компьютерного программного обеспечения; проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений по оптимизации производительности Имеет практический опыт:

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 72,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,5	35,5
Выполнение практических заданий	30	30
Подготовка к экзамену	5,5	5,5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Архитектура ядра Linux и методы оптимизации	18	10	8	0
2	Отказоустойчивость на системном уровне	16	8	8	0
3	Встраиваемые системы и ОСРВ. Загрузчики и низкоуровневая разработка	18	10	8	0
4	Практикум по портированию и низкоуровневой отладке	12	4	8	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Особенности высоконагруженных и отказоустойчивых систем. Обзор стека технологий	2
2	1	Архитектура ядра Linux: системные вызовы, управление процессами и памятью	2
3	1	Подсистемы ввода-вывода и сетевой стек ядра. Модули ядра	2
4	1	Инструменты отладки и профилирования ядра (ftrace, perf, kprobes)	2
5	1	Методы оптимизации производительности ядра: тонкая настройка параметров, изоляция ресурсов (cgroups, namespaces)	2
6	2	Принципы отказоустойчивости: репликация состояния, кворумы, split-brain	2
7	2	Кластерные технологии на базе Linux (Pacemaker/Corosync, DRBD)	2
8	2	Мониторинг и алертинг для системного ПО (Prometheus, Grafana, кастомные экспортеры)	2
9	2	Механизмы обеспечения высокой доступности в сетевых стеках (bonding, teaming, keepalived)	2
10	3	Особенности встраиваемых систем и ОСРВ (FreeRTOS, Zephyr, Linux-based)	2

		RT)	
11	3	Архитектура и этапы загрузки системы: от ROM до пользовательского пространства	2
12	3	Современные загрузчики: U-Boot, GRUB2, Barebox. Device Tree (DTS)	2
13	3	Кросс-компиляция и отладка для целевых платформ (gdb, gdbserver, OpenOCD)	2
14	3	Разработка на стыке ПО и АО: основы работы с периферией, прерываниями, памятью	2
15	4	Методология портирования кода: абстракция аппаратного обеспечения, условная компиляция	1
16	4	Работа с энергонезависимой памятью (EEPROM, Flash)	1
17	4	Принципы отказоустойчивости на аппаратном уровне (watchdog timer, ECC память)	1
18	4	Паттерны для высоконагруженного системного ПО: lock-free алгоритмы, кэширование	1

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Работа с системными вызовами strace, ltrace. Анализ работы процесса	4
2	1	Сборка кастомного ядра Linux. Настройка параметров ядра для специфичной нагрузки	4
3	2	Настройка отказоустойчивого сетевого интерфейса (bonding)	4
4	2	Развертывание простого кластера высокой доступности (HA) с виртуальным IP-адресом	4
5	3	Работа с Device Tree: модификация дерева устройств для виртуальной платформы (QEMU)	4
6	3	Сборка и загрузка минимального образа ОС (Buildroot/Yocto) через U-Boot в эмуляторе	4
7	4	Написание простого watchdog-драйвера для пользовательского пространства	4
8	4	Портируемость: адаптация кода драйвера символического устройства под разные версии ядра	4

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение практических заданий	Слайды лекций, методические указания к заданиям	7	30
Подготовка к экзамену	Слайды лекций, методические указания к заданиям	7	5,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	ЛР №1	20	20	Баллы начисляются по результатам демонстрации программы и ответов на вопросы по исходному коду. Шкала начисления дискретная, оформлена в виде набора критериев "рубрика" системы MOODLE. Баллы за каждый критерий либо засчитываются в итоговую сумму баллов полностью, либо обнуляются. Критерии: 1. Наличие компилируемого без ошибок программного кода задания - 5 балла. 2. Понимание и комментирование функциональных блоков кода студентом - 5 баллов. 3. Ответы на вопросы по заданию - 10 балла.	экзамен
2	7	Текущий контроль	ЛР №2	20	20	Баллы начисляются по результатам демонстрации программы и ответов на вопросы по исходному коду. Шкала начисления дискретная, оформлена в виде набора критериев "рубрика" системы MOODLE. Баллы за каждый критерий либо засчитываются в итоговую сумму баллов полностью, либо обнуляются. Критерии: 1. Наличие компилируемого без ошибок программного кода задания - 5 балла. 2. Понимание и комментирование функциональных блоков кода студентом - 5 баллов. 3. Ответы на вопросы по заданию - 10 балла.	экзамен
3	7	Текущий контроль	ЛР №3	20	20	Баллы начисляются по результатам демонстрации программы и ответов на вопросы по исходному коду. Шкала начисления дискретная, оформлена в виде набора критериев "рубрика" системы MOODLE. Баллы за каждый критерий либо засчитываются в итоговую сумму баллов полностью, либо обнуляются. Критерии: 1. Наличие компилируемого без ошибок	экзамен

						программного кода задания - 5 балла. 2. Понимание и комментирование функциональных блоков кода студентом - 5 баллов. 3. Ответы на вопросы по заданию - 10 балла.	
4	7	Текущий контроль	ЛР №4	20	20	Баллы начисляются по результатам демонстрации программы и ответов на вопросы по исходному коду. Шкала начисления дискретная, оформлена в виде набора критериев "рубрика" системы MOODLE. Баллы за каждый критерий либо засчитываются в итоговую сумму баллов полностью, либо обнуляются. Критерии: 1. Наличие компилируемого без ошибок программного кода задания - 5 балла. 2. Понимание и комментирование функциональных блоков кода студентом - 5 баллов. 3. Ответы на вопросы по заданию - 10 балла.	экзамен
5	7	Текущий контроль	ЛР №5	20	20	Баллы начисляются по результатам демонстрации программы и ответов на вопросы по исходному коду. Шкала начисления дискретная, оформлена в виде набора критериев "рубрика" системы MOODLE. Баллы за каждый критерий либо засчитываются в итоговую сумму баллов полностью, либо обнуляются. Критерии: 1. Наличие компилируемого без ошибок программного кода задания - 5 балла. 2. Понимание и комментирование функциональных блоков кода студентом - 5 баллов. 3. Ответы на вопросы по заданию - 10 балла.	экзамен
6	7	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	100	По результатам ответов на вопросы устного зачета. Первый теоретический вопрос - максимум 30 баллов, второй теоретический вопрос - максимум 30 баллов, третий теоретический вопрос - максимум 40 баллов. За успешное выполнение ставится максимум баллов по заданию, если задание выполнено частично или с ошибками, то ставится от 0 до максимума по заданию пропорционально выполненному объему. Длительность зачета - 2 академических часа.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (Положение о БРС утверждено приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179, в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г. № 25-13/09). Оценка за дисциплину формируется на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %. Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %. Если студент согласен с оценкой, полученной по результатам текущего контроля, то он может в день, предшествующий промежуточной аттестации дать свое согласие в личном кабинете. В случае явки студента на промежуточную аттестацию, давшего свое согласие на автомат в личном кабинете, студент имеет право пройти мероприятия текущего контроля по дисциплине на промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга в день ее проведения. Снижение оценки в этом случае запрещено. Если студент не дал согласия в личном кабинете, то он может согласиться с оценкой лично на промежуточной аттестации в день ее проведения. Если студент не согласен с оценкой, то он имеет право пройти контрольно-рейтинговые мероприятия на промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга в день ее проведения. Фиксация результатов учебной деятельности по дисциплине проводится в день промежуточной аттестации на основе согласия студента, данного им в личном кабинете. При отсутствии согласия в журнале дисциплины фиксация результатов происходит при личном присутствии студента. Если студент не дал согласие в личном кабинете и не явился на промежуточную аттестацию – ему выставляется «неявка».	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-11	Знает: архитектуру ядра Linux; принципы работы встраиваемых операционных систем	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Умеет: портировать код между различными вариантами загрузчиков и ОС; выполнять разработку на стыке программного обеспечения и оборудования	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Имеет практический опыт: работы с ОС, загрузчиками и аппаратурой	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Методические рекомендации по выполнению практических занятий

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические рекомендации по выполнению практических занятий

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Тормозов, В. С. Основы работы в операционной системе Linux : учебное пособие / В. С. Тормозов, А. Л. Золкин. — Самара : , 2023. — 66 с. — ISBN 978-5-907359-20-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/388838 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Малахов, С. В. Принципы работы операционной системы Linux. Bash-скрипты : учебное пособие / С. В. Малахов, Д. О. Якупов. — Самара : ПГУТИ, 2024. — 134 с. — ISBN 978-5-907336-50-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/463574 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Гулько, А. В. Системное программирование в среде Linux : учебное пособие / А. В. Гулько. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 235 с. — ISBN 978-5-7782-4160-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152228 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Rocky Enterprise Software Foundation (RESF)-Rocky Linux(бессрочно)
2. Docker-Docker(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	809 (36)	Компьютеры, ОС Windows, ОС Linux, VS Code, Docker
Лекции	240 (36)	Компьютеры, ОС Windows, ОС Linux, VS Code, Docker, доска, проектор