

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю. А. Богоявленский, А. В. Воронин

Формирование образовательной инфраструктуры для
воспитания компетенций разработки
в импортозамещающих ОС общего назначения
на основе семейства Linux

Петрозаводск
2026

Содержание

Введение	3
§ 1. Аппаратно-программная платформа на базе ОС семейства Linux	5
1.1. Предыстория. ОС “Демос”	5
1.2. Эволюция аппаратно-программной платформы	6
1.2.1. Освоение ОС Linux. Аппаратура - персональные ЭВМ	6
1.2.2. Создание серверной и сетевой инфраструктур	7
1.2.3. Сотрудничество с компанией Nokia	9
1.2.4. Проекты программы Karelia ENPI	10
1.2.5. Современное состояние	13
1.3. Информационно-вычислительная инфраструктура ИМИТ	15
§ 2. Подготовка кадров	17
2.1. Фундаментальная роль языка Си	17
2.2. Подготовка кадров системного администрирования	19
2.3. Подготовка кадров по программной инженерии	19
§ 3. Воспитание у студентов компетенций разработки в средах ОС семейства Linux	21
3.1. Образовательные программы ИМИТ	21
3.2. Дисциплины для которых задания выполняются студентами в ОС семейства Linux	23
§ 4. Использование импортозамещающих ОС общего назначения на основе семейства Linux	25
4.1. Операционная система Astra Linux	25
4.2. Операционная система РЕД ОС	26
4.3. Мобильная операционная система Аврора	27
Заключение	29
Приложение. Список виртуальных ЭВМ	30
Список литературы	33

Введение

Процесс перехода к отечественным операционным системам находится на этапе активного развития и далек от завершения. Тем не менее ясно, что ВУЗы должны готовить студентов к работе в средах импортозамещающих ОС общего назначения, прежде всего на основе семейства Linux.

В работе представлена эволюция, современное состояние и использование создаваемой в течение многих лет инфраструктуры для воспитания компетенций разработки в импортозамещающих ОС общего назначения на основе семейства Linux.

В эту инфраструктуру входят:

- Аппаратно-программная платформа (далее АПП) Института математики и информационных технологий (ИМИТ) Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ), использующая основные дистрибутивы ОС семейства Linux и позволяющая внедрять на основе механизмов виртуализации любые отечественные дистрибутивы на базе этого семейства.
- Информационно-вычислительная инфраструктура (ИВИ) ИМИТ [1] реализуемая на базе АПП и предназначена для выполнения требований ФГОС к электронной информационно-образовательной среде в части, определяемой современными, быстро развивающимися ИКТ технологиями. ИВИ предоставляет ресурсы и сервисы необходимые для администрирования ИМИТ, учебного процесса и исследований и разработок в средах ОС семейства Linux.
- Образовательная платформа, которая представляет собой комплекс реализованных в ИВИ инструментов и учебных материалов, необходимых для полноценного воспитания у студентов компетенций разработки в средах ОС семейства Linux и, тем самым, готовности выпускников к работе в средах импортозамещающих ОС т.к. почти все они реализованы именно на базе ОС Linux.

В 2026 г. формирование этой инфраструктуры завершено т.к. позволяет как формировать у студентов необходимые компетенции, так и, при соответствующих координации и организационной поддержке, с разумной скоростью решать задачу ухода от ОС Windows и Mac OS.

В разделе 1 представлена эволюция АПП, включая опыт применения ОС Демос, развития аппаратной базы от обычной ПЭВМ до много-серверной скоростной сетевой структуры, влияние сотрудничества с компанией Nokia и выполнения проектов по программе Karelia ENPI, а также состояние АПП на начало 2026 г. Здесь же представлены общие характеристики ИВИ.

Раздел 2 содержит краткое описание работ по подготовке кадров системных администраторов и преподавателей разработчиков, владеющих методами программной и инженерии и необходимых для поддержки и применения АПП в учебном процессе.

Организация подготовки студентов ИМИТ по использованию инструментов и сервисов ИВИ описана в разделе 3, а примеры использования импортозамещающих ОС общего назначения на основе семейства Linux в разделе 4.

В Приложении приведен список виртуальных ЭВМ АПП на конец 2025 г.

В заключении отмечено, что многолетняя целенаправленная работа по созданию образовательной инфраструктуры для воспитания выпускников, владеющих компетенциями разработки, технологиями, инструментами, и сервисами ОС Linux позволила создать системную, информационную и кадровую среду, обеспечивающую подготовку выпускников к работе в средах импортозамещающих ОС.

§ 1. Аппаратно-программная платформа на базе ОС семейства Linux

1.1. Предыстория. ОС “Демос”

В 1984 г. Ю. А. Богоявленский, работавший тогда доцентом кафедры “Программное управление в машиностроении” Грузинского политехнического института в Тбилиси, установил связи с руководителями разработки ОС “Демос” Валерием Владимировичем Бардиным и Михаилом Изгияевичем Давидовым.

К осени 1985 г. ОС “ДЕМОС” как “семейство унифицированных операционных систем для вычислительных комплексов общего назначения” была официально стандартизирована и принята как стандартная ОС для всех UNIX-совместимых ЭВМ производства соцстран. Советский Минприбор выпустил распоряжение об обязательном снабжении ДЕМОС всех новых машин.

В. В. Бардин любезно предоставил Ю. А. Богоявленскому полный комплект документации по этой ОС, изданный в НИИ “Цетрпрограммсистем”, и саму ОС, которая и была установлена Ю. А. Богоявленским на ЭВМ СМ-4 и использовалась в исследованиях и учебном процессе, например при решении в дисплейном классе вычислительных задач на практических занятиях по дисциплине “Теоретическая механика”.

В процессе эксплуатации ОС “ДЕМОС” показала надежность и удобство использования по сравнению с ОС РВ для СМ-4 (клон RSX-11), а также ОС для семейства ЕС ЭВМ. Ректор Грузинского политехнического института, профессор, академик АН ГССР Т. Н. Лоладе дал положительный отзыв об использовании ОС “ДЕМОС” для представления коллектива разработчиков на получение Государственной премии СССР, которая и была присуждена в 1988 г.

В 1989 г. Ю. А. Богоявленский с семьей переехал в Петрозаводск и был избран по конкурсу на должность доцента созданной тогда кафедры Информатики и математического обеспечения (далее кафедра ИМО, заведующий доцент Геннадий Сергеевич Сиговцев) Математического факультета Петрозаводского государственного университета. В это время в СССР и затем в России основные усилия профессионалов были направлены на освоение персональных ЭВМ, архитектура которых тогда не позволяла полноценно реализовать UNIX подобные ОС, а производство ЕС и СМ ЭВМ было свернуто.

В то же время положительный опыт полученный при работе на ОС “ДЕМОС”,

доступность исходных кодов, а также такое качество UNIX подобных ОС как переносимость, обеспечивающая существование регулярной процедуры переноса ее на новые архитектурные платформы, определили формирование на кафедре ясного осознания перспектив развития и применения ОС этого класса [2, 3] и, следовательно, необходимость приложения коллективом кафедры ИМО многолетних постоянных усилий по организации изучения этих ОС, воспитанию кадров для их поддержки и внедрению их в учебный процесс.

Эта необходимость осознавалась программистским сообществом России. Так, например, Институт операционных систем при МИЭТ в начале 90-х годов был назначен головной организацией по выполнению федеральной программы “Unix-технологии” Государственного комитета РФ по высшему образованию. Были разработаны учебно-методические комплексы по работе с UNIX-системами и поставлены соответствующие учебные курсы.

Кафедра ИМО также приняла участие в этой программе. В 1993-1995 годах Г. С. Сиговцев по совместительству возглавлял Петрозаводский филиал Института операционных систем. Сотрудниками кафедры ИМО был переведен и подготовлен Учебно методический комплекс “Командный язык Shell для пользователей” [4], который позже был обновлен [5].

1.2. Эволюция аппаратно-программной платформы

1.2.1. Освоение ОС Linux. Аппаратура - персональные ЭВМ

В 1994 г. студент второго курса специальности “Математика” В. А. Пономарев под руководством Ю. А. Богоявленского начал освоение дистрибутива Slackware ОС Linux любезно предоставленного профессором Мартти Пентонненом, который в то время заведовал кафедрой Computer Science университета г. Йоэнсуу, Финляндия. Дистрибутив занимал сто 3.5 дюймовых дискет и был развернут на ПЭВМ с процессором i386.

В работе [6] представлена эволюция аппаратно программной платформы с 1994 по 2018 г. Приведем краткий обзор этой работы.

АПП эволюционно развивалась на основе вычислительной системы кафедры ИМО и, на начальном этапе (1994 — 1998 гг.), состояла из обычных работающих круглосуточно персональных ЭВМ с установленной ОС Linux, подключенных к общедоступной локальной сети ПетрГУ. Позднее эти ЭВМ были перенесены в серверное помещение ВЦ ПетрГУ.

С 1999 г. серверная часть состояла из трех ПЭВМ — одна для общесистемных нужд (хранение учетных записей и домашних каталогов пользователей, электронной почты, web-сервер кафедры ИМО), вторая для решения научных задач, третья для обеспечения учебного процесса.

Эти ПЭВМ работали под управлением ОС SuSE Linux, поддерживались общие учетные записи для всех компьютеров кафедры ИМО, сетевые домашние каталоги (домашний каталог любого пользователя был доступен с любого компьютера кафедры), web-сервер кафедры, почтовый сервер кафедры и студенческий учебный сервер `karpa.cs.karelia.ru`.

Компьютеры с ОС Linux в компьютерных учебных классах отсутствовали, для доступа к учебному серверу использовались эмуляторы терминалов Kermit (MS DOS) и PuTTY (Microsoft Windows), в которых работа была возможна только в текстовом режиме (командная строка). Для работы сетевых учетных записей первоначально использовался протокол NIS, для доступа к домашним каталогам — протоколы NFS и SMB. При этом собственное сетевое аппаратное обеспечение в составе вычислительной системы отсутствовало, использовалось только оборудование локальной вычислительной сети ПетрГУ под управлением вычислительного центра ПетрГУ.

1.2.2. Создание серверной и сетевой инфраструктур

Следующим этапом развития вычислительной системы стала закупка в 2006 г. двух серверных ЭВМ производства Intel и маршрутизатора Cisco 1841 с модулем коммутации HWIC 4ESW. Это позволило существенно повысить производительность и надежность серверной группы ЭВМ. С точки зрения системного программного обеспечения наиболее существенным изменением стал переход на использование протокола LDAP (реализация OpenLDAP) для хранения информации об учетных записях.

В 2007 г. для вычислительной системы была выделена отдельная подсеть на 8 адресов, был запущен собственный сервер имен доменов (DNS) для домена `cs.karelia.ru` и началось использование технологии VLAN для связи между распределенными компонентами вычислительной системы. Это позволило изолировать трафик от общего сегмента сети ПетрГУ, упростить сопровождение и повысить безопасность использования.

Также был сделан важный шаг [7] в радикальном расширении применения ОС Linux в учебном процессе — началась ее установка в компьютерных классах (но-

ябрь 2007 — дисплейный класс №435, январь 2008 — дисплейный класс №341).



Рис. 1. Установка ОС SuSe Linux в дисплейном классе №341

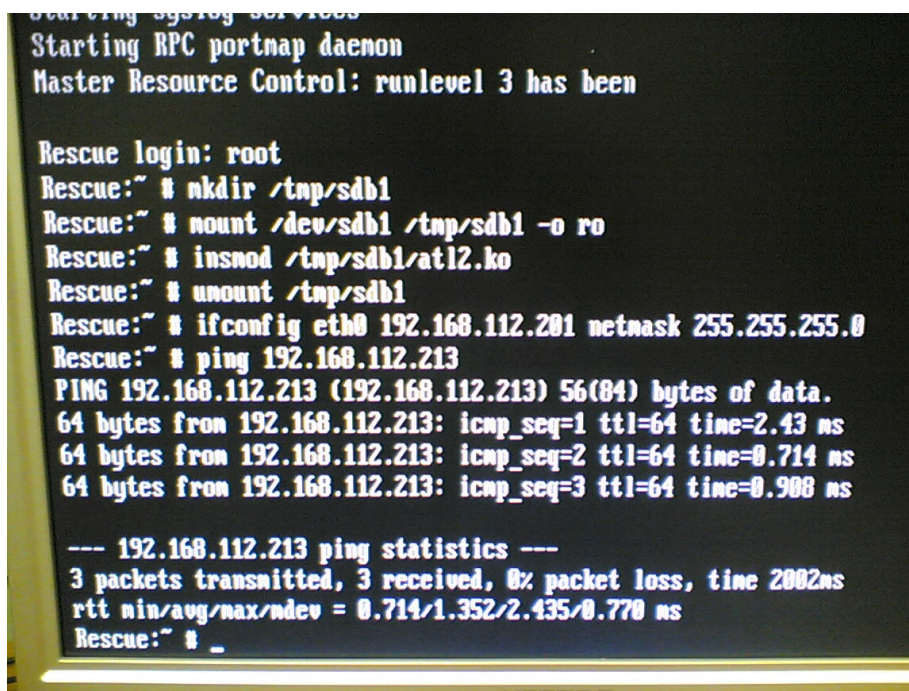


Рис. 2. Проверка работы сети в дисплейном классе №341



Рис. 3. Системные администраторы, старшие преподаватели кафедры ИМО, слева направо А. С. Колосов, В. А. Пономарев, М. А. Крышень.

С этого момента вычислительная система кафедры ИМО стала использоваться сотрудниками других кафедр Математического факультета (с 2016 г. ИМИТ). Это использование расширялось и привело к трансформации вычислительной системы кафедры ИМО в информационно-вычислительную инфраструктуру ИМИТ (ИВИ ИМИТ).

1.2.3. Сотрудничество с компанией Nokia

Следующий важный этап развития АПП начался в 2008 г. после того как Ректор ПетрГУ А. В. Воронин и сотрудник компании Nokia С. И. Баландин установили сотрудничество с целью формирования в ПетрГУ из студентов старших курсов группы потенциальных разработчиков приложений для мобильных Интернет-планшетов Nokia N810 и N900 в среде ОС Маето (производная от дистрибутива Debian ОС Linux). Работа поддерживалась Программой университетского сотрудничества в России и СНГ Исследовательского центра Nokia и ассоциацией FRUCT [8].

Для подготовки студентов кафедрой ИМО была организована и с 25 по 30 августа 2008 г. проведена интенсивная Летняя школа "Интернет-планшет 2008" [9] в которой приняли участие 28 студентов 3 и 4 курсов [10]. Студенты изучали библиотеки GTK+ и Hildon, специфики устройств ввода, интеграцию приложений с

ОС и т.п.

Организация летней школы и дальнейшего сотрудничества с компанией Nokia потребовала существенной модернизации как аппаратной так и системной компонент. Были закуплены коммутатор и две северные ЭВМ, имевшие существенно больший объем оперативной памяти и вычислительную мощность, чем ЭВМ приобретенные в 2006 г. Это позволило начать использовать технологию виртуализации Xen и перейти к запуску отдельных виртуальных машин, повысить надежность и производительность платформы.

Для поддержки работы студентов были развернуты ПО терминального сервера SDK для планшета N800, исключившего необходимость развертывания SDK на ПЭВМ, веб сервер для доступа к учебным материалам, репозиторий SVN, Wiki разработчиков.

Отметим, что при этом АПП уже находилась в хорошо развитом состоянии.

Опыт работ по применению открытых программных платформ был обобщен в работе [11].

1.2.4. Проекты программы Karelia ENPI

В 2011 — 2014 гг. IT парк ПетрГУ и ассоциация FRUCT выиграли и выполняли следующие гранты программы Karelia ENPI (European Neighbourhood and Partnership Environment) — совместной программы Европейского союза, Российской Федерации и Республики Финляндия.

- КА179. Комплексное развитие регионального сотрудничества в области открытых инноваций в ИКТ. Предполагалось создание системы подготовки разработчиков и пилотная разработка двух крупных и 15 небольших приложений для мобильных устройств.
- КА332. Разработка трансграничной среды электронного туризма.
- КА432. Разработка планировщика маршрута для людей с ограниченными возможностями (Социальный навигатор).

Проекты выполнялись сотрудниками и студентами кафедры ИМО и IT Парка ПетрГУ. При этом, в связи с ростом нагрузки, в 2012 году для АПП были закуплены еще три северные ЭВМ, коммутатор и маршрутизатор Cisco 2911. ЭВМ запуска 2006 года были выведены из эксплуатации как морально устаревшие, а ЭВМ

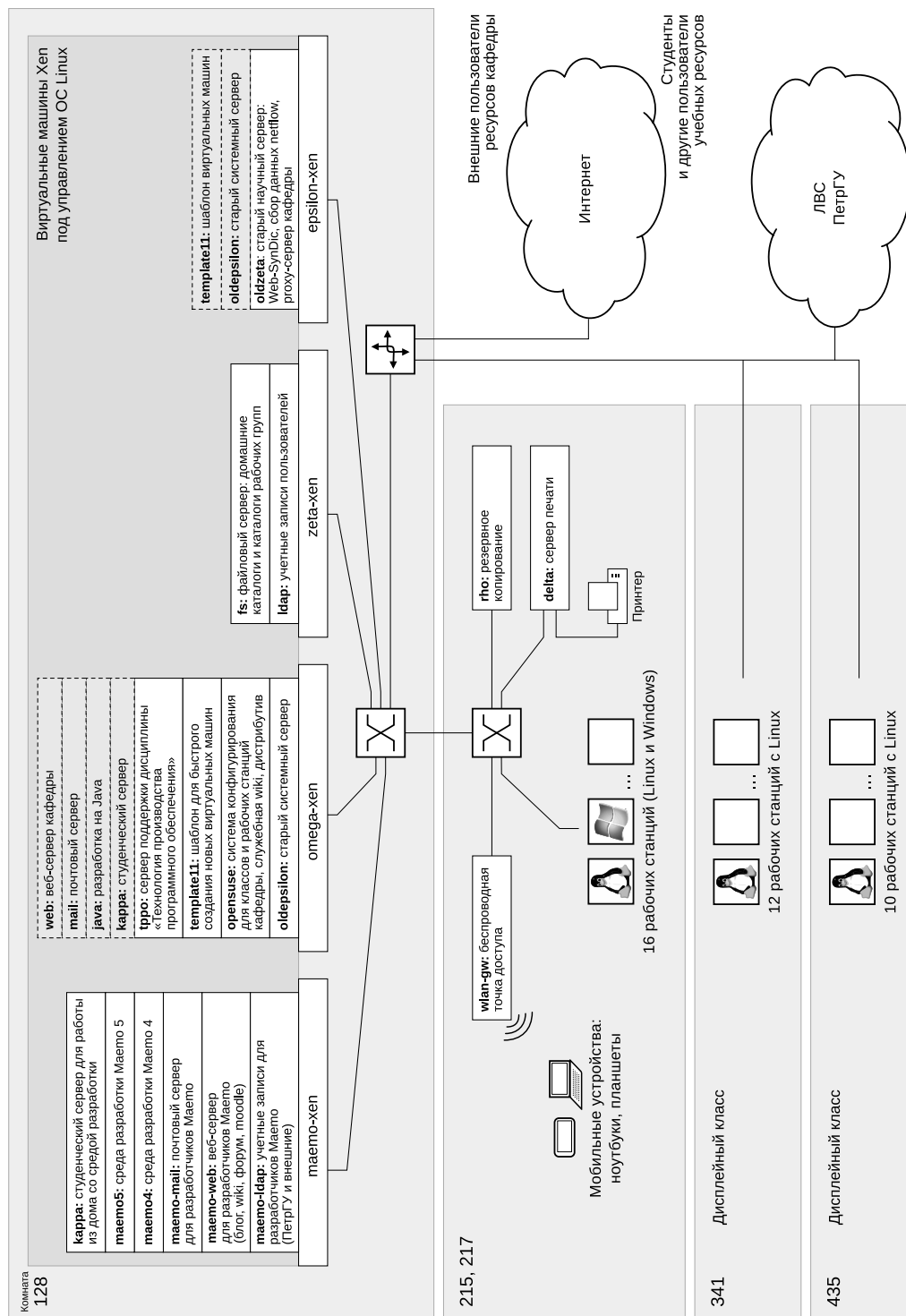


Рис. 4. Схема аппаратно-системной среды в 2009 г.



Рис. 5. Руководители и студенты, работавшие во взаимодействии с Nokia. 2010 г. Сидят: Ю. А. Богоявленский, А. И. Шабаев, А. В. Воронин, С. И. Баландин, Д. Ж. Корзун. Стоят (1 ряд): Д. Зайцева, Е. Цветков, А. Богачев, К. А. Кулаков, А. Рейсс, Д. П. Косицын. Стоят (2 ряд): С. Епифанов, И. Бурлак, А. Ломов, К. Ивашов, И. Бергман, А. Меженнин, С. Захаров, А. Санников

запуска 2008 года стали использоваться для вспомогательных целей (резервное копирование, тестирование).

1.2.5. Современное состояние

С 2015 г. ядро системы реализовано на трех серверных ЭВМ НЕКС на платформе Supermicro 6027R-TRF. На каждой по два процессора Intel Xeon E5-2630, в каждом из них по 6 вычислительных ядер (12 ядер при включенном режиме Hyper-Threading), 128 Гб RAM, 12 Тб HDD.

В 2022 г. приобретены:

- Серверная ЭВМ Gladius 221XT1216R-210256, CPU 2x Xeon Silver 4216, RAM 256 Гб, 4 жестких диска по 14Тб, 4 твердотельных диска по 2 Тб.
- Маршрутизатор операторского класса Mikrotik Cloud Core Router 1036-8G-2S+EM с 36-ти ядерным процессором Tilera CPU, поддерживающий пропускную способность до 24 млн. пакетов в секунду.
- Коммутатор уровня 3 Mikrotik crs317-1g-16s+rm с 16 портами на 10G и коммутационным чипом последнего поколения.

Это оборудование обеспечило переход на 10G сетевую структуру ядра АПП с передачей данных между серверами на скорости 10Gbps (20Gbps при использовании агрегирования каналов) и с малыми задержками. Это дает возможность быстрого развертывания образов виртуальных машин при запуске в облаке, использования сетевых хранилищ, миграции виртуальных машин для обеспечения бесперебойной работы.

На физических и виртуальных ЭВМ используются различные свободные дистрибутивы ОС Linux, openSUSE, Ubuntu, Debian, РЕД ОС. Применяемая технология виртуализации на основе комбинации гипервизора виртуальных машин KVM (Kernel-based Virtual Machine) с эмулятором QEMU, управляемых инструментами libvirt и ansible обеспечивает создание и использование виртуальных ЭВМ для различных системных и прикладных ресурсов, грантовых проектов, студенческих работ. Например, веб-сайт ИМИТ реализован на одной из виртуальных ЭВМ. Основные виртуальные ЭВМ, используемые в АПП на конец 2025г. представлены в [Приложении](#).

В АПП имеется два проводных и несколько беспроводных маршрутизаторов, поддерживается собственный домен — cs.petrus.ru (псевдоним cs.karelia.ru), реализована распределенная файловая система с резервным копированием, элек-

Информационно-вычислительная инфраструктура Института математики и информационных технологий Поддерживается полный набор инструментов для учебного процесса и НИР/ОКР студентов и сотрудников (около 600 пользователей).

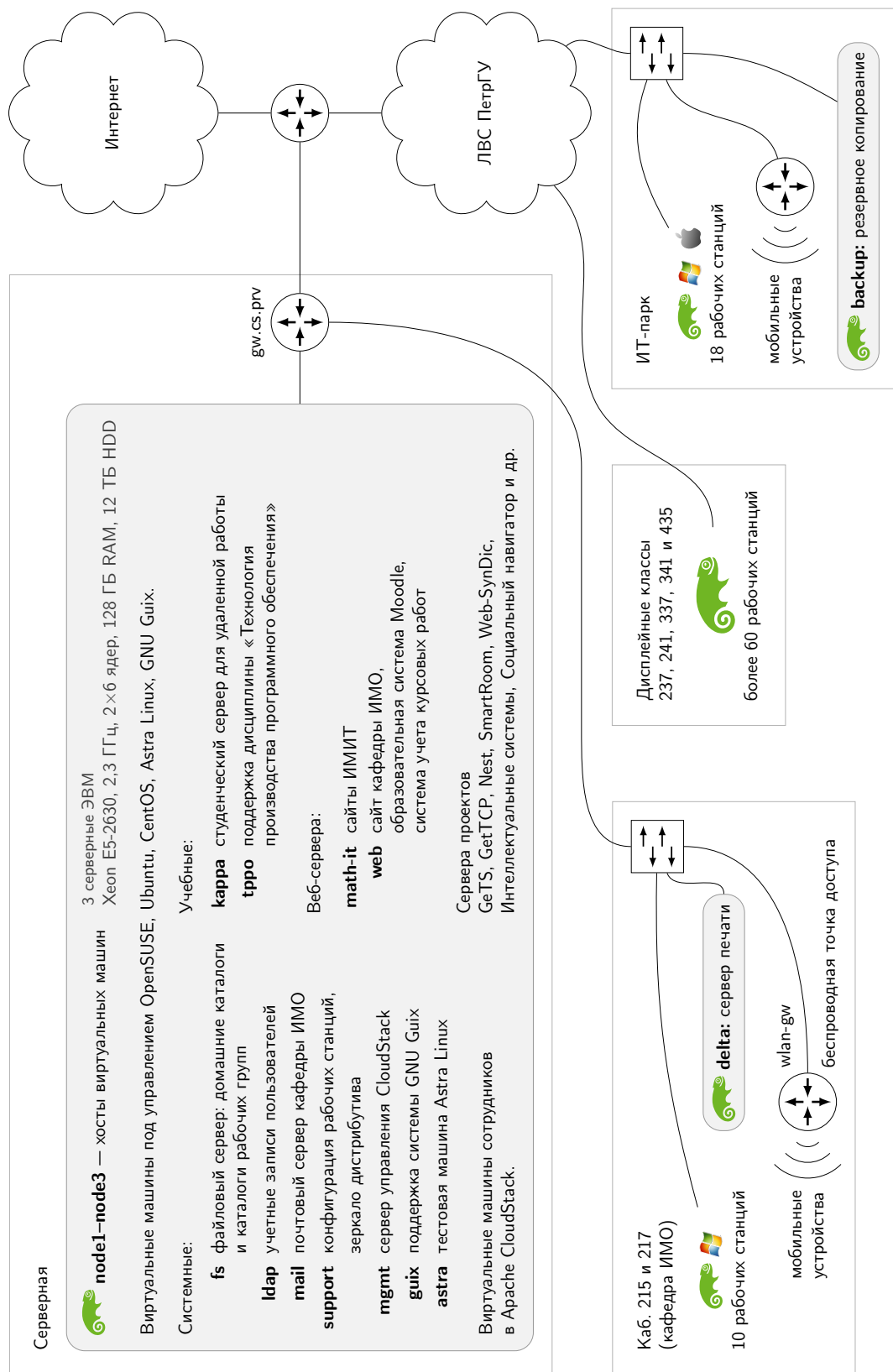


Рис. 6. Схема аппаратно-системной среды в 2019 г.

тронная почта mail.cs.karelia.ru с веб интерфейсом, зона Wi-Fi, поддерживаются около 80 Linux/Windows рабочих станций кафедры ИМО и шести студенческих дисплейных классов.

1.3. Информационно-вычислительная инфраструктура ИМИТ

ИВИ [12] реализуется на базе АПП и предназначена для выполнения требований современных ФГОС к электронной информационно-образовательной среде в части, определяемой современными, быстро развивающимися ИКТ технологиями, которые изучаются и используются в учебном и административном процессах ИМИТ и применяются в исследованиях и разработках его сотрудников и студентов.

К ИВИ подключены около 700 зарегистрированных пользователей, в том числе сотрудники кафедр и дирекции ИМИТ, Центра искусственного интеллекта ПетрГУ, студенты всех направлений ИМИТ, аспиранты, представители компаний партнеров, исполнители грантов. Всем им предоставляются персональные домашние страницы и каталоги для хранения данных в сетевой файловой системе, электронная почта и возможность удаленного доступа к данным и инструментам для выполнения лабораторных и практических работ из любой точки Интернета путем доступа по протоколу ssh к работающей в АПП под управление ОС openSUSE виртуальной машине студенческого сервера kappa.cs.karelia.ru.

Студентам также предоставляется возможность установки на свою ПЭВМ виртуальной машины [13] содержащей ПО, необходимое для выполнения лабораторных работ в среде ОС openSUSE, эквивалентное ПО, используемому в дисплейных классах и на студенческом сервере kappa.cs.karelia.ru.

Перечислим некоторые разработанные и поддерживаемые кафедрой ИМО веб-сайты, постоянно используемых сотрудниками и студентами ИМИТ.

- Веб-сайт ИМИТ [14] представляет институт в сети Интернет и обеспечивает полноценную информационную поддержку учебного процесса, интегрируя различные информационно образовательные ресурсы, распределенные по различным элементам информационной инфраструктуры ПетрГУ, предоставляя ссылки на них.
- Веб сайт (требуется авторизация) учебно-методической комиссии ИМИТ поддерживает работу по планированию учебного процесса и работы с РПД.

- Веб сайт системы учета курсовых и выпускных работ «Курс» [15] используется с 2012 г. и обеспечивает для дирекции и кафедр необходимые функции по управлению процессом выполнения практик НИР (курсовых работ).
- Веб-сайт кафедры ИМО [16] представляет историю работы кафедры с 2002 г. В разделе «Учебный процесс» имеются ссылки на веб-страницы учебных материалов всех дисциплин, читаемых в текущем семестре. Представлены также методическая деятельность сотрудников кафедры, описание информационно-вычислительной инфраструктуры ИМИТ.

ИВИ предоставляет пользователям практически неограниченный набор прикладных программных продуктов доступных для ОС семейства Linux и необходимых для поддержки учебного процесса, учебно-методической и научной работы сотрудников и студентов.

В этот набор, например, входят современные компиляторы и интерпретаторы, утилиты сборки, линтеры, форматтеры и статические анализаторы кода, средства документирования и тестирования, системы $\text{\LaTeX}$ и Beamer, СУБД MS SQL Server, Redis, MongoDB, Neo4j, локальная версия инструмента жизненного цикла GitLab.

Установленная в ИВИ стабильно работающая локальная версия ВКС Jitsi Meet, интенсивно используется для самых различных целей — дистанционных консультаций, рабочих встреч, обсуждение курсовых и выпускных работ, семинаров Центра искусственного и интеллекта и т. п. Ее использование будет только нарастать для проведения дистанционных занятий в связи с ежегодным ростом контингента очно-заочной формы обучения. В настоящее время для этой формы Jitsi Meet используется для занятий по дисциплинам «Математический анализ», «Основы информатики и программирования», «Введение в архитектуру ЭВМ», «Тестирование программного обеспечения», «Компьютерные сети», «Операционные системы».

Выполняется поддержка, развитие, системное и информационное сопровождения, развертывание актуальных обновлений ПО ИВИ как автономной подсистемы корпоративной сети ПетрГУ.

Таким образом в ИМИТ активно используется, поддерживается и развивается полноценная электронная информационно-образовательной среда, реализованная на современной аппаратной базе и операционных системах семейства Linux.

§ 2. Подготовка кадров

2.1. Фундаментальная роль языка Си

Естественно, что для освоения ОС Linux необходимо владеть культурой языка Си, т. е. ввести его в учебный процесс. В связи с повсеместным использованием в начале 1980-х до середины 2000-х в школах и ВУЗах языка Паскаль это потребовало серьезных многолетних усилий.

Начиная с 2000-2001 учебного года доцент кафедры ИМО О. Ю. Богоявленская начала преподавание вводной дисциплины по программированию для студентов первого курса на базе языка Си в среде ОС семейства Linux. Она также подготовила учебное пособие [17], облегчающее студентам переход от Паскаля к Си.

Созданный в 1972 г. сотрудником Bell Labs Деннисом Ритчи для реализации ОС UNIX язык Си продолжает активно использоваться для разработки во многих важных областях. Этому способствует большое количество уникальных преимуществ языка, а также его компиляторов, которые используются его для реализации операционных систем и широкого спектра других системных продуктов, а также то, что Язык Си приобрел прочный статус языка общения (*lingua franca*) между разработчиками.

В нашей работе [18] приведен анализ роли языка Си в современной разработке ПО и обоснование важности его освоения студентами, особенно с точки зрения импортозамещения ОС, которое основано на ОС семейства Linux. Приведем цитату из [18] о преимуществах использования языка Си во вводном курсе программирования.

Начало цитирования.

Трудно не согласиться с данной в [19] оценкой: «Несмотря на преобладание языков более высокого уровня, язык программирования Си продолжает расширять возможности мира. Есть много причин полагать, что программирование на Си будет оставаться активным в течение длительного времени.» Эта оценка и представленная выше характеристика языка Си позволяет отметить следующие его преимущества как первого языка в ВУЗе для студентов IT направлений.

- Язык Си и его экосистема представляют собой фундаментальное достижение информатики, овладение которым обеспечивает студенту долговременную профессиональную карьеру.
- Демонстрируются первоисточники современных программных инструментов и их реальная сложность.

- Закладывается основа культуры системного мышления, необходимая для разработки системных продуктов, в том числе, и в первую очередь, ОС, которая очень важна для решения задач импортозамещения.
- Обеспечиваются базовые знания для карьеры в области системного администрирования, в том числе систем ЦОД, востребованность которых будет только возрастать в условиях проводимой в России политики цифровизации.
- Формируется база для разработки очень важного класса продуктов — встраиваемых систем.
- Вырабатываются навыки работы с конструкциями языка, которые могут быть применены при работе с Си-подобными языками, унаследовавшими базовые конструкции Си.
- Приобретаются навыки использования богатого набора библиотек, реализованных на Си, в программах на популярных сейчас языках, таких например, как Python.
- Наконец, никто не отменил пока «Закона протекающих абстракций» Джоэла Сполски [20]: «Все нетривиальные абстракции протекают» из которого следует, что так популярные в программировании абстракции высокого уровня не всегда защищают от необходимости иметь дело с глубокими подробностями и для решения проблем необходимо понять работу абстракции и реализацию ее на более низком уровне, которая очень часто выполнена именно на языке Си.

В заключение нельзя не процитировать великолепный фрагмент из [20]: “Во время моей первой стажировки в Microsoft я писал строковые библиотеки для Макинтоша. Типичное задание: написать версию функции `strcat`, которая возвращает указатель на конец новой строки. Несколько строчек кода на C. Все, что я делал, пришло прямо со страниц , одной тоненькой книжки про язык Си. Сегодня же для работы над CityDesk’ом мне нужно знать Visual Basic, COM, ATL, C++, InnoSetup, внутренности Explorer, регулярные выражения (RegExp), DOM, HTML, CSS и XML. Всё это инструменты более высокого уровня по сравнению со старым «K&R» (первый учебник по Си Брайана Кернигана и Денниса Ритчи,), а всё ж таки мне и его надо знать, не то беда”.

Конец цитирования

2.2. Подготовка кадров системного администрирования

С 2000 г. и по настоящее время главным системным администратором является доцент кафедры ИМО В. А. Пономарев, который в 1994 г., будучи студентом второго курса специальности “Математика”, проявил явную склонность к этой работе и начал освоение дистрибутива Slackware ОС Linux.

В осеннем семестра 1996-1997 учебного года он, по направлению Ю. А. Богоявленского, проходил обучение на кафедре Информатики университета г. Хельсинки (Финляндия), где студентом этой кафедры Линусом Торвальдсом была разработана ОС Linux (исходный код ядра версии 0.01 был опубликован 17 сентября 1991).

В. А. Пономарев изучал сетевые технологии и еще несколько системных дисциплин и отлично зарекомендовал себя. С 1996 г. он прошел на кафедре ИМО путь от инженера до доцента, защитил кандидатскую диссертацию. С начала 2000-2001 учебного года он организовал системную поддержку лабораторных и практических работ дисциплин кафедры путем терминального доступа из дисплейных классов с ПЭВМ на ОС Windows.

Позже функции системных администраторов выполняли воспитанные кафедрой ИМО студенты, проявившие склонности к этой работе. Так, долгое время эти функции выполняли старшие преподаватели А. С. Колосов и М. А. Крышень, которые уже не работают на кафедре. В настоящее время эти функции вместе с В. А. Пономаревым выполняет выпускник магистратуры 2020 г., старший преподаватель Е. И. Рыбин.

2.3. Подготовка кадров по программной инженерии

В работах [21–23] представлена история развития современных исследований и разработок, а также базовые принципы организации учебного процесса ИМИТ в ПетрГУ в том числе с использованием свободного и открытого ПО семейства ОС Linux.

При этом одной из центральных была определена задача организации обучения студентов командной разработке программных проектов решение которой было начато в 1993 г. вводом в учебный план годовой дисциплины “Технология разработки программного обеспечения” (ТППО), которую вел Ю. А. Богоявленский. С 2002 г. по настоящее время дисциплину ведет доцент кафедры ИМО

Д. Ж. Корзуне. С 2000 г. практика по дисциплине выполняется в среде ОС семейства Linux.

Для вывода преподавания этой дисциплины на мировой уровень и подготовки кадров преподавателей кафедрой ИМО в 2004 г. был согласно нормативным этапам и процессам реализован по водопадной модели проект – программная система удаленного решения однородных линейных диофантовых уравнений в неотрицательных целых числах WebSynDic. В системе реализованы разработанные на кафедре доцентами Д. Ж. Корзуном и К. А. Кулаковым синтаксический и квазигауссовский алгоритмы решение этой задачи [24, 25].

Также для указанных выше целей в весеннем семестре 2005 г. командой из пяти студентов ПетрГУ и шести студентов университета Хельсинки в режиме удаленного взаимодействия был реализован программный проект DaCoPAn [26, 27] для визуализации процесса передачи данных по протоколам Интернета. Командой ПетрГУ руководил доцент Д. Ж. Корзун.

Отметим, что участник обоих проектов, тогда магистрант К. А. Кулаков, сейчас работает доцентом кафедры ИМО, руководит практикой по ТППО и образовательной программой по направлению “Программная инженерия”.

Методика опыт и итоги работы по решению задачи организации обучения студентов командной разработке программных проектов были представлены в 2007 г. в работе [28].

Успешное решение указанной выше задачи позволил начать в 2008 г., при грантовой поддержке компании Nokia, освоение промышленных процессов разработки приложений в среде Linux-подобных ОС Maemo, Harmattan, MeeGo для мобильных устройств N800, N810, N900. Опыт этих разработок представлен в публикациях [29–32].

Активное участие преподавателей в этих работах привело к существенному углублению их компетенций по реализации программных проектов в средах ОС семейства Linux, что обеспечило получение ПетрГУ в 2011 - 2014 трех грантов Программы приграничного сотрудничества в рамках европейского инструмента соседства и партнерства «Карелия» (ППС ЕИСП «Карелия»), финансируемой Евросоюзом, Финляндией и Россией, описанных в разделе 1.2.4..

В рамках грантов было разработано более двадцати приложений для мобильных устройств Nokia, размещенных в сетевом магазине и загруженных несколько сот тысяч раз.

Все сотрудники, ведущие преподавание с использованием ОС семейства Linux

участвовали в разработке проектов WebSynDic, DaCoPan и проектов по грантам компании Nokia и программы Карелия ENPI и получили большой опыт разработки в средах этих ОС, что привело к формированию нового поколения преподавателей и исследователей, способных вести работу на современном уровне.

В работе [33] представлена история становление дисциплин “Технология разработки программного обеспечения” и “Руководство процессом разработки программного обеспечения”

Таким образом в настоящее время в ИМИТ сложился коллектив высококвалифицированных сотрудников, владеющих современными методами системного администрирования и разработки программных продуктов в средах операционных систем семейства Linux.

§ 3. Воспитание у студентов компетенций разработки в средах ОС семейства Linux

Для воспитания компетенций разработки в средах импортозамещающих ОС общего назначения на основе семейства Linux необходимо вести основные дисциплины по ИКТ на основе этих сред. Поскольку технологии инструменты и сервисов различных дистрибутивов ОС весьма близки в ИМИТ эти дисциплины проводятся в основном на основе среды ОС openSUSE с привлечение, при необходимости, ОС РЕД ОС и Аврора. Такой подход обеспечивает готовность выпускников к работе в импортозамещающих отечественных средах.

ИМИТ ведет подготовку по пяти направлениям бакалавриата и двум направлениям магистратуры и по всем из них студенты, с разной степенью глубины, получают подготовку по указанным компетенциям.

3.1. Образовательные программы ИМИТ

В настоящее время ИМИТ реализует следующие образовательные программы.

- Бакалавриат. В 2025 г. зачислено 150 человек.
 - 01.03.01, Математика.
 - 01.03.02, Прикладная математика и информатика.

- 09.03.02, Информационные системы и технологии, в том числе для студентов приема 2025 г. по программам Центра образовательных программ топ-уровня в сфере информационных технологий ПетрГУ.
- 09.03.04, Программная инженерия, в том числе для студентов приема 2025 г. по программам Центра образовательных программ топ-уровня в сфере информационных технологий ПетрГУ.
- 44.03.05, Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) Профиль: Образование в предметных областях (Математика и Информатика).
- Магистратура. В 2025 г. зачислено 36 человек.
 - 01.04.02, Прикладная математика и информатика Программа: Анализ данных (Data Science).
 - 01.04.02, Прикладная математика и информатика Программа: Интеллектуальные интернет-технологии.
 - 09.04.02, Информационные системы и технологии Программа: Системы искусственного интеллекта. Управление данными.
- Аспирантура.
 - 1.1.1, Вещественный, комплексный и функциональный анализ.
 - 1.2.2, Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

ИВИ обеспечивает выполнение студентами лабораторных работ, проектов, курсовых и выпускных работ как в дисплейных классах так и в удаленном режиме, по более чем 50 дисциплинам бакалавриата и магистратуры, читаемыми кафедрами ИМИТ. Для большинства этих дисциплин преподавателями поддерживаются в актуальном состоянии веб страницы с необходимой студентам информацией.

В таблице 5 перечислены дисциплины для которых предусматривается использование сервисов ОС семейства Linux для выполнения лабораторных и практических работ. Студентами направлений 01.03.01 и 44.03.05 эти сервисы используются в дисциплинах вводящих в программирование и информатику, а для остальных направлений и в специальных дисциплинах.

В течение двух первых лет студенты изучают, в том числе, языки С, Ассемблер gas, shell, Python технологии HTML и осваивают инструменты т. н. «программирования в малом» - компиляторы, отладчики, утилиту make и т.п.

На третьем курсе для дисциплины «Технология производства программного обеспечения» на виртуальной ЭВМ se.cs.karelia.ru поддерживается специальная вики система, где фиксируется работа студенческих проектных команд, изучающих т. н. «программирование в большом». Здесь же студенты осваивают применение инструмент жизненного цикла GitLab.

3.2. Дисциплины для которых задания выполняются студентами в ОС семейства Linux

Таблица 1. Дисциплины в ОС семейства Linux

Осенний семестр		Весенний семестр	
1 Курс		1 Курс	
1	Основы информатики и программирования (Си)	27	Основы информатики и программирования (Python)
2 Курс		28	Введение в архитектуру ЭВМ (gas для IA-32)
2	Введение в архитектуру ЭВМ (gas для IA-32)	29	Архитектура компьютера (top IT)
3	Компьютерные сети	30	Операционные оболочки
4	Разработка приложений для мобильных ОС (ОС Аврора)	31	Инструменты разработчика (top IT)
5	Web-технологии	32	Учебная практика
6	Разработка и анализ технической документации	33	Основы тестирования ПО
7	Численные методы	34	Операционные системы
8	Информатика (для математиков)	35	Учебная практика: введение в профессиональную деятельность
9	Учебная ознакомительная практика	2 Курс	
10	Системное программирование	36	Компьютерные сети
3 Курс		36	Web-технологии 2

11	Архитектура современных ЭВМ (INTEL®64)	38	Программирование (для педагогов)
12	Технология производства программного обеспечения	3 Курс	
13	Системное программирование	39	Технология производства программного обеспечения II
4 Курс		40	Человеко-машинные интерфейсы
14	Разработка приложений для мобильных ОС	41	Численные методы
15	Человеко-машинные интерфейсы	42	Анализ требований к программным системам
15	Тестирование программного обеспечения	43	Моделирование ПО
17	Верификация программного обеспечения	44	Программирование (для педагогов)
18	Web-технологии представления и обработки информации	45	Взаимодействующие параллельные системы
Магистратура		4 Курс	
19	Компьютерные технологии в научных исследованиях и образовании	46	Формальные языки и методы трансляции
20	Руководство процессом разработки программного обеспечения		
22	Кибер-физические системы	47	Web-технологии (для педагогов)
22	Планирование мощности сетевых инфраструктур	Магистратура	
23	Подготовка научно-технических текстов	48	Технологии организации вычислений в интернет-среде
24	Интеллектуальные интернет-технологии	49	Технологии распределенной обработки больших данных
25	Распределенные системы интернета вещей	50	Интеллектуальные сетевые сервисы

26	Технологии интеллектуальных пространств		
----	---	--	--

Таким образом в ИМИТ ПетрГУ сформирована полноценная образовательная платформа, состоящая из АПП, ИВИ и необходимых обучающих материалов, которая обеспечивает полноценное воспитание у студентов компетенций разработки в средах ОС семейства Linux и готовность выпускников к работе в средах импортозамещающих ОС т.к. почти все они реализованы именно на базе ОС Linux.

§ 4. Использование импортозамещающих ОС общего назначения на основе семейства Linux

4.1. Операционная система Astra Linux¹

При выполнении проекта “Создание твердотельных систем хранения данных с использованием интегральных микросхем высокой степени интеграции, произведенных по технологиям трехмерного многослойного корпусирования” (2017–2020 гг.) [34, 35] в рамках Федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2021 годы”. потребовалось реализовать web-приложение для управления твердотельной системой хранения данных (СХД) в среде ОС Astra Linux, что и было выполнено В. А. Пономаревым.

Для реализации требуемого функционала СХД архитектура программной платформы управления должна содержать блок функций FRONT-END для выполнения клиентской стороны пользовательского интерфейса и BACK-END для выполнения серверной стороны программно-аппаратной части сервиса СХД.

Клиентская часть предназначена для предоставления администратору системы возможностей управления функционированием СХД, а также для отображения текущего состояния настроек. Пользовательский интерфейс выполнен в виде веб-приложения, работающего как тонкий клиент при доступе к системной реализации.

¹Текст раздела основан на материале доцента В. А. Пономарева.

Согласно требованиям серверная часть должна состоять из следующих компонент:

- системные функции (общая конфигурация работы системы); времени, а также методов доступа), настройка сетевой подсистемы СХД, обновление встроенного программного обеспечения (firmware) и управление состоянием работы системы.
- функции работы с дисками (настройка RAID, дедупликации, шифрования и монтирования дисков); виртуальными дисками. Именно в данном разделе используются перспективные преимущества твердотельных носителей. Функции данного раздела предназначены для создания уровней абстракции над физическими устройствами (дисками), объединения нескольких дисков в единое устройство хранения, разделение его на логические разделы хранения, а также осуществления резервирования, снимков, копирования, репликации и дедупликации. При этом важно отметить, что дедупликация данных является крайне важной для оптимизации хранения.
- функции доступа к безопасности; доступа к информации. К данному разделу могут быть также отнесены функции управления доступом и работы с хранилищами учетных данных пользователей и групп.
- функции сетевых сервисов; управления СХД. К числу данных функций относятся различные протоколы доступа по защищенному каналу (SSH, SFTP, RSYNC), формы монтирования сетевых папок (SMB, WebDAV), настройка низкоуровневого протокола доступа (iSCSI).
- функции мониторинга (слежение за событиями и реакция по ключевым параметрам производительности и надежности СХД);
- функции диагностики (проверка состояния компонентов СХД).

4.2. Операционная система РЕД ОС²

В начале 2025 г. ПетрГУ заключил с компанией ООО “Ред Софт” соглашение о сотрудничестве в области образования и науки согласно которому ПетрГУ была предоставлена ОС РЕД ОС (версия 8.0) для рабочих станций с целью обучение студентов.

²Текст раздела основан на материале старшего преподавателя В. М. Димитрова.

Для этой ОС в АПП ИМИТ была создана виртуальная машина на которой был установлен, сконфигурирован и запущен пакет sssd-tools, позволяющий реализовать авторизацию сотрудников и студентов ИМИТ на этой виртуальной машине через уже используемый в АПП сервер LDAP.

В рамках дисциплины «Архитектура современных ЭВМ» предусмотрены практические занятия по изучению низкоуровневого программирования на языке ассемблера. Для обеспечения образовательного процесса, соответствующего современным тенденциям импортозамещения и развития отечественного программного обеспечения, было принято решение о проведении эксперимента по использованию ОС системы РЕД ОС в качестве платформы для выполнения лабораторных работ по этой дисциплине.

Пять обучающихся в ходе практических занятий успешно выполнили лабораторные работы по следующим темам:

- Написание простейших программ на языке ассемблера gas.
- Работа с системными вызовами для организации ввода/вывода.
- Использование вызовов функций библиотеки libc из ассемблерного кода.
- Компиляция, редактирование связей и отладка разработанных программ с помощью отладчика gdb.

Эксперимент прошел успешно, значимых различий между использованием для лабораторных работ стандартной в ИВИ ОС openSUSE и ОС РЕД ОС не выявлено.

Предполагается продолжение экспериментов для других дисциплин.

4.3. Мобильная операционная система Аврора³

Между ПетрГУ и компанией "Открытые мобильные платформы"(ОМП), разработчиком российской мобильной операционной системы "Аврора" подписан официальный договор о партнерстве. В рамках этого взаимодействия университет выступает площадкой для развития студенческих компетенций в разработке под отечественную мобильную ОС.

За время партнерства ПетрГУ и компании ОМП было проведено три специализированных технологических конкурса [36–38]. Ключевая особенность этих соревнований — их органичная интеграция в учебный процесс: они рассчитаны

³Текст раздела основан на материале старшего преподавателя В. М. Димитрова.

преимущественно на студентов 2–3 курсов и проводятся в рамках летней учебной или производственной практики. Это позволяет учащимся не только получить новый опыт, но и официально зачесть результаты конкурса при прохождении практики.

Задачи для участников формируются совместно: как со стороны университета преподавателями ИМИТ, так и со стороны компании ОМП. Такой подход гарантирует актуальность тематики: студенты работают над созданием мобильных приложений таких как управление роботами через сенсоры, обработка данных с помощью ИИ, разработка адаптивных интерфейсов и др.

Участие командное, что развивает навыки совместной разработки и распределения ролей, приближая процесс к реальной индустриальной среде. По итогам каждого конкурса проекты оцениваются экспертами по таким критериям, как следование ТЗ, качество кода и законченность решения. Лучшие работы могут быть продолжены в рамках научно-исследовательских или выпускных квалификационных работ под руководством экспертов от ОМП, а победители получают призы и ценные для портфолио кейсы.

Еще одним важным форматом сотрудничества стал специализированный интенсив "Разработка кроссплатформенных приложений с использованием фреймворка Flutter на примере российской мобильной ОС "Аврора"[39]. Мероприятие проходило в течение трех дней (с 21 по 23 апреля 2026 года) на площадке "Точка кипения ПетрГУ" и собрало 15 студентов. Программа включала в себя вводную лекцию об ОС "Аврора настройку окружения (SDK, PSDK, Flutter SDK), лекции и мастер-классы по разработке проектов и созданию Flutter-плагинов для этой платформы.

Также компания ОМП выступает в роли заказчика для курсовых и выпускных работ студентов. Такой подход позволяет учащимся решать актуальные проблемы, связанные с расширением экосистемы сервисов ОС "Аврора". Взаимодействие подразумевает, что за студентом закрепляется куратор от ОМП, который регулярно проводит встречи, отвечает на вопросы студента, организует техническую поддержку от компании ОМП, предоставляет технику для тестирования и решает другие вопросы. На данный момент в ПетрГУ выполняется две такие работы.

Заключение

Представленный в работе подход к решению задачи подготовки кадров для работы в средах импортозамещающих ОС общего назначения, прежде всего на основе семейства Linux основан на идее создания универсальной инфраструктуры для предоставления возможностей изучения и применения любых отечественных ОС этого класса, что представляется обоснованным в условиях существования около 20 подобных ОС.

Описанная в работе инфраструктура для воспитания компетенций разработки в импортозамещающих ОС на основе семейства Linux имеет трехуровневую архитектуру отвечающую принятому в информатике подходу разбиения систем на уровни и создана путем многолетней целенаправленной работы.

Описанная аппаратно-программная платформа выполнена на современном уровне и обеспечивает решение всех необходимых задач. Особенно важно то, что студенты имеют возможность как удаленного доступа к данным и инструментам для выполнения лабораторных и практических работ путем доступа к работающей под ОС openSUSE виртуальной машине студенческого сервера `karra.cs.karelia.ru` так и возможность установки на свою ПЭВМ виртуальной машины содержащей ПО, необходимое для выполнения лабораторных работ, эквивалентное ПО, используемому в дисплейных классах и на этом студенческом сервере.

Информационно-вычислительная инфраструктура на основе ОС семейства Linux полностью обеспечивает выполнения требований ФГОС к электронной информационно-образовательной среде в части, определяемой современными, быстро развивающимися ИКТ технологиями, которые изучаются и используются в учебном и административном процессах ИМИТ и применяются в исследованиях и разработках его сотрудников и студентов.

Большой объем разнообразной работы по подготовке кадров системного администрирования и разработчиков ПО позволил обеспечить проведения учебного процесса профессионалами, что естественно, хорошо мотивирует студентов и позволяет обеспечить качество учебного процесса. Отметим, что большую роль в успехе этой работы сыграл своевременный переход от языка Паскаль к языку Си во вводном курсе программирования, что способствовало изначальному воспитанию у студентов “культуры Unix”.

Наконец, представленные примеры использования импортозамещающих ОС общего назначения на основе семейства Linux подтверждают правильность и

универсальность выбранного подхода.

Приложение. Список виртуальных ЭВМ

На декабрь 2025 г. ИВИ используются следующие виртуальные ЭВМ.

Таблица 2. Северная ЭВМ Node-1.

№	Имя ЭВМ	Назначение
1.	vpn	Машина для удаленного доступа сотрудников и аспирантов кафедры ИМО;
2.	k8s-master1	Управляющий сервер системы оркестрации контейнеров kubernetes;
3.	k8s-worker1	Сервер запуска контейнеров системы оркестрации контейнеров kubernetes;
4.	borg	Машина резервного копирования;
5.	digital-department	Машина цифровой кафедры, ответственный Е.И.Рыбин;
6.	beyond-revolution	Проект «Празднование 175-летия Московского университета и академическое сообщество пореволюционной российской эмиграции», ответственный Е.И.Рыбин;
7.	sonarcube-app	Приложение платформы с открытым исходным кодом, для непрерывного анализа и измерения качества кода (К.А.Кулаков);
8.	каппа	Сервер удаленной работы студентов;
9.	registry	Сервер хранения и кэширования Docker-образов (В.А.Пономарев);
10.	dash	Сервер системы мониторинга (В.А.Пономарев);
11.	angie	Сервер для тестирования модулей web-сервера angie (проект индустриального партнера в рамках программы Топ-ИТ);

Таблица 3. Серверная ЭВМ Node2.

№	Имя ЭВМ	Назначение
12.	k8s-master2	Управляющий сервер системы оркестрации контейнеров kubernetes;
13.	k8s-worker2	Сервер запуска контейнеров системы оркестрации контейнеров kubernetes;
14.	astra	Тестовая машина ОС Astra linux;
15.	opensuse	Тестовая машина ОС openSUSE;
16.	maemo-web	Архив сайта oss.fruct.org (история сотрудничества с компанией Nokia);
17.	exiles	ВКР студента, руководитель К.А.Кулаков;
18.	eco-animals-service	Разработка студентом сервиса детектирования животных по фотографиям, руководитель В.М.Димитров;
19.	tppo-kalinina	Студенческий проект ТППО, руководитель В.А.Ермаков;
20.	kurs1	Студенческий проект ТППО, руководитель. (В.А.Ермаков);
21.	nest	Проект Nest (Ю.А.Богоявленский)
22.	vpn	Сервер vpn и wireguard для комп. классов (В.А.Пономарев);

Таблица 4. Серверная ЭВМ Node3.

№	Имя ЭВМ	Назначение
23.	k8s-master3	Управляющий сервер системы оркестрации контейнеров kubernetes;
24.	k8s-worker3	Управляющий сервер системы оркестрации контейнеров kubernetes;
25.	tppo-bondar	Студенческий проект ТППО, руководитель. В.А.Ермаков;
26.	kurs2	Студенческий проект ТППО, руководитель. В.А.Ермаков
27.	redos	Тестовая машина ОС РЕД ОС;
28.	imit-students	“Песочница” для студенческих разработок веб проектов по ТППО и ВКР на базе веб сервера ИМИТ;
29.	tppo1	Проекты ТППО руководитель В.А.Ермаков;
30.	tppo2	Проекты ТППО руководитель В.М.Димитров;
31.	forrest	ВКР, руководитель К.А.Кулаков;
32.	forum	Веб сайт конференции ИМИТ (В.М.Димитров, Д.Б.Чистяков);

Таблица 5. Серверная ЭВМ Node-6.

№	Имя ЭВМ	Назначение
33.	к	етевая файловая система и данные домашних каталогов и групп;
34.	gitlab	Система управления репозиториями;
35.	imit2	Машина web сайта ИМИТ;
36.	imit-dev	Машина для разработки web сайта ИМИТ;
37.	ldap	База данных пользователей;
38.	mail	Электронная почта кафедры ИМО;
39.	meet	Сервер ВКС Jitsi Meet;
40.	museum	Машина музея «Прикладная математика и информатика»;
41.	mssql	Машина для учебной дисциплины "Базы данных" поддерживает SQL СУБД mssql и NoSQL СУБД ClickHouse, Redis, Neo4j, MongoDB;
42.	opensuse	Прошу, дистрибутивы ОС;
43.	runner1	Система сервера выполнения сценариев интеграции и развертывания;
44.	sandstorm	Платформа веб-приложений, локальный аналог google docs;
45.	tppo	Сервер студенческих программ проектов дисциплины ТППО с установкой актуальной версии MediaWiki;
46.	web	Веб сервисы, в том числе сервер дистанционного обучения кафедры ИМО https://moodle.cs.petrso.ru/ ;
47.	web2	Веб сервер кафедры ИМО;
48.	zeta	Машина системной поддержки;

Список литературы

1. Кафедра информатики и математического обеспечения. Информационно-вычислительная инфраструктура Института математики и информационных технологий [Электронный ресурс]. — [Б. м.], 2019. — URL: <http://cs.petrstu.ru/facilities/index.php.ru> (дата обращения: 20.05.2026).
2. Кузьменко Н. И., Сиговцев Г. С. ОС Linux как системная среда для использования в учебном процессе. Тез. докл. конференции-выставки "Свободное системное и прикладное программное обеспечение в среде ОС UNIX Москва, 1993, с.34-35.
3. Богоявленский, Ю. А. О разработке приложений в среде ОС Linux [Текст] / Ю. А. Богоявленский, М. В. Дьяконов, В. А. Пономарев, Г. С. Сиговцев // Тезисы докладов Международной конференции "Информационные технологии в непрерывном образовании". - Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 1995. - С.26–29.
4. Командный язык Shell для пользователей : Учебно-метод.комплекс. Ин-т операционных систем при МИЭТ. - Москва : Научная книга, 1995. - 354с. - (UNIX System V. UNIX - технологии) Перевод с английского: Ю. А. Богоявленский, О. Ю. Богоявленская, Г. С. Сиговцев
5. Бородин А. В., Бородина А. В. Операционные среды, системы и оболочки: базовый уровень. Учебное пособие. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011, 101 с.
6. В. А. Пономарев, Ю. А. Богоявленский Цифровая среда Института математики и информационных технологий. Аппаратно-системная платформа // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе: материалы XII всероссийской научно- практической конференции Петрозаводск [Электронный ресурс], 2018, — URL: <https://it2018.petrstu.ru/files/pages/it2018.pdf> (дата обращения: 20.05.2026) С.184-186.
7. Второй шаг вперед! В кабинете 341 полноценный Linux! [Электронный ресурс]. — [Б. м.], 2008. — URL: https://cs.petrstu.ru/news/2008/linux_341.php.ru (дата обращения: 20.05.2026).
8. Academia-to-Industry Competence Incubator Open Innovations Association FRUCT — URL: <https://fruct.org/> (дата обращения: 25.05.2026).

9. Летняя школа “Интернет-планшет 2008” — URL: https://cs.petrSU.ru/news/2008/nokia_summer_school_final.php.ru (дата обращения: 20.05.2026).
10. Набор студентов для участия в разработке программных проектов под платформу Маемо — URL: https://cs.petrSU.ru/news/2008/maemo_team.php.ru#team (дата обращения: 20.05.2026).
11. Воронин, А.В. Опыт подготовки специалистов по информационным и коммуникационным технологиям на базе открытых программных платформ [Текст] / А.В. Воронин, Ю.А. Богоявленский, Д.Ж. Корзун // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции “Современные информационные технологии и ИТ-образование”. - М. : ИНТУИТ.РУ, 2009. - С.97-104.
12. Информационно вычислительная инфраструктура [Электронный ресурс], 2026, <https://imit.petrSU.ru/page/ivi>, (дата обращения: 20.05.2026)
13. ОС для студентов. Виртуальная машина, [Электронный ресурс], <https://cs.petrSU.ru/~rybin/student-vm/> (дата обращения: 20.05.2026)
14. Петрозаводский государственный университет. Институт математики и информационных технологий. — URL: <https://imit.petrSU.ru/> (дата обращения: 20.05.2026).
15. Система Курс [Электронный ресурс], 2012, <https://kurs.cs.petrSU.ru/>, (дата обращения: 20.05.2026)
16. Кафедра информатики и математического обеспечения. — URL: <https://cs.petrSU.ru/> (дата обращения: 20.05.2026).
17. О. Ю. Богоявленская Введение в программирование / О.Ю. Богоявленская. - Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 2002. - 74 с., ISBN 5-8021-0203-9
18. Ю. А. Богоявленский Почему введение в программирование в ВУЗе для ИТ направлений нужно давать на языке Си // Материалы XVII всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». - г. Петрозаводск, 2023. - С.19-21. - URL: <https://it2023.petrSU.ru/files/pages/it2023.pdf> (дата обращения: 20.05.2026).

19. Daniel Munoz After All These Years, the World Is Still Powered by C Programming (Спустя все эти годы мир по-прежнему опирается на программирование на языке Си) [Электронный ресурс]
<https://www.toptal.com/c/after-all-these-years-the-world-is-still>
(дата обращения: 15.15.2026).
20. Закон Дырявых Абстракций [Электронный ресурс] — <https://web.archive.org/web/20181006063833/http://russian.joelonsoftware.com/Articles/LeakyAbstractions.html> (дата обращения: 15.15.2026).
21. Богоявленский Ю.А. Преподавание информатики в институте математики и информационных технологи Петрозаводского государственного университета: системный подход [Текст] / Ю.А. Богоявленский, А.В. Воронин, Д.Ж. Корзун, Н.Ю. Светова // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. Материалы XVI всероссийской научно-практической конференции. - Петрозаводск, [Электронный ресурс] 2022. - С.22-25. - Режим доступа: <https://it2022.petrso.ru/files/pages/it2022.pdf> (дата обращения: 20.05.2026)
22. Voronin A.V. Perspectives on the Emergence of Computing Programs Propelled by Local Industry in Russia [Text] / A.V. Voronin, Yu.A. Bogoyavlenskiy, V.A. Kuznecov // ACM Inroads. - USA, New York, ACM, 2015. - vol.6, N4. - P.41-51. - [Электронный ресурс] <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2824264&CFID=737861797&CFTOKEN=99136770>
Локально: <https://cs.petrso.ru/news/2015/p41-voronin.pdf> (дата обращения: 20.05.2026)
23. Богоявленский, Ю.А. Преподавание прикладной математики и информационных и коммуникационных технологий в Петрозаводском государственном университете: история становления [Текст] / Ю.А. Богоявленский, А.В. Воронин, В.А. Кузнецов // Труды SORUCOM 2014, Третьей Международной конференции "Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы". - Казань, 2014. - С.71-78.
24. Web System for Demonstrating the Syntactic Algorithms for Solving Linear

- Equations in Nonnegative Integers [Электронный ресурс], 2004, <http://websyndic.cs.karelia.ru/>, (дата обращения: 15.05.2026)
25. Богоявленский, Ю.А. Программная система удаленного решения однородных линейных диофантовых уравнений в неотрицательных целых числах [Текст] / Ю.А. Богоявленский, Д.Ж. Корзун // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия "Информатика. Телекоммуникации. Управление". - СПб.: СПбГПУ, 2010. - №1 (93). - С.90-99.
 26. Bogoyavlenskiy, Yu.A. Experience in a distributed cross-cultural student software project [Text] / Yu.A. Bogoyavlenskiy, D.Zh. Korzun, J.. Taina, T.. Tuohiniemi, I.. Verkamo // University of Helsinki, Department of Computer Science, Report C-2004-65. - Helsinki : University of Helsinki, 2005.
 27. A. Verkamo, J. Taina, T. Tuohiniemi, Y. Bogoyavlenskiy, and D. Korzun Distributed Cross-Experience in a distributed cross-cultural Student Software Project: A Case Study, Proc. of 18th Conference on Software Engineering Education & Training (CSEET'05). - 2005, P 207-214 [Режим доступа] <https://ieeexplore.ieee.org/document/4698925> (дата обращения: 20.05.2026)
 28. Воронин А.В., Богоявленский Ю.А., Корзун Д.Ж., Шабает А.И. «Обучение технологии разработки программного обеспечения в Петрозаводском государственном университете» // Пятая открытая всероссийская конференция "Преподавание информационных технологий в Российской Федерации". Сборник докладов. М.: АП КИТ, 2007. С.102-119.
 29. IEREEXplore. Programming for open platforms at universities: Experience of joint activity of Petrozavodsk state university and Nokia university cooperation program [Электронный ресурс]. — [Б. м.], 2009. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5501163> (дата обращения: 20.05.2026).
 30. Презентация. А. В. Воронин, Ю. А. Богоявленский, Д. Ж. Корзун, А. В. Бородин, А. С. Колосов, М. А. Крышень Программирование для открытых платформ в университете: опыт взаимодействия Петрозаводского государственного университета и университетской программы сотрудничества Nokia [Электронный ресурс]. — [Б. м.], 2009. — URL: <https://cs.petrso.ru/news/2009/design-maemo2.pdf> (дата обращения: 20.05.2026).

31. А. В. Воронин, Ю. А. Богоявленский, Д. Ж. Корзун Презентация. Опыт подготовки специалистов по информационным и коммуникационным технологиям на базе открытых программных платформ. [Электронный ресурс] — [Б. м.], 2009. — URL: <https://cs.petrSU.ru/news/2009/2009-it-edu-Bogoyavlenskiy.pdf> (дата обращения: 20.05.2026).
32. Воронин А. В., Баландин С. И., Богоявленский Ю. А. et al. Лаборатория беспроводных и мобильных технологий ПетрГУ – Nokia-NSN: организация и результаты // Материалы Восьмой открытой всероссийской науч.-практ. конф. «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации». Сборник трудов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. С. 136–140.
33. Богоявленский Ю.А. Консолидация компетенций по руководству разработкой программного обеспечения для магистрантов направления «Прикладная математика и информатика» [Текст] Ю.А. Богоявленский // Материалы XV всероссийской научно-практической конференции ”Цифровые технологии в образовании, науке, обществе”. - Петрозаводск, 2021. - С.20-25.
34. Федеральная целевая программа “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2021 годы”. Создание твердотельных систем хранения данных с использованием интегральных микросхем высокой степени интеграции, произведенных по технологиям трехмерного многокристального корпусирования [Электронный ресурс] https://fcpir.fcntp.ru/participation_in_program/contracts/14.580.21.0009/ (дата обращения: 20.05.2026).
35. Петрозаводский государственный университет. Создание твердотельных систем хранения данных с использованием интегральных микросхем высокой степени интеграции, произведенных по технологиям трехмерного многокристального корпусирования [Электронный ресурс] <https://ssd.petrSU.ru/> (15.15.2026).
36. Подведены итоги конкурса мобильных решений для российской мобильной ОС ”Аврора” <https://petrsu.ru/news/2024/133263/podvedeny-itogi-konk> [Электронный ресурс], 2024, (дата обращения: 20.05.2026).

37. Подведены итоги конкурса по мобильному программированию, <https://petrsu.ru/news/2025/149585/podvedeny-itogi-konk> [Электронный ресурс], 2025, (дата обращения: 20.05.2026).
38. Семинар "Актуальные направления мобильной и кроссплатформенной разработки. <https://petrsu.ru/news/2025/154725/seminar-aktualnye-na> [Электронный ресурс], 2025, (дата обращения: 20.05.2026).
39. Образовательный интенсив по разработке кроссплатформенных мобильных приложений на базе отечественной операционной системы, <https://petrsu.ru/news/2026/157959/obrazovatelnyi-inten> [Электронный ресурс], 2026, (дата обращения: 20.05.2026).