



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Рубцовский индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
(РИИ АлтГТУ)

М.С. СКОРОБОГАТОВ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Методические указания для самостоятельной работы студентам
направления подготовки «Информатика и вычислительная техника»
всех форм обучения

Рубцовск 2021

Скоробогатов, М.С. Эксплуатация программно-аппаратных комплексов: методические указания для самостоятельной работы студентам направления подготовки «Информатика и вычислительная техника» всех форм обучения /М.С. Скоробогатов; Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск: РИИ, 2021. – 13 с. [ЭР].

Данные учебно-методические рекомендации предназначены для студентов дневной и заочной формы обучения направлений подготовки, изучающих дисциплину «Эксплуатация программно-аппаратных комплексов».

Рассмотрены и одобрены на
заседании кафедры Рубцовского
индустриального института.
Протокол № 8 от 26.02.2021 г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций для дневной и заочной формы обучения	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	5
5. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	8
6. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	9
7. Методические рекомендации студентам по изучению дисциплины	10
Список литературы	12

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций для дневной и заочной формы обучения

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ОПК-7	Способен участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов	ОПК-7.1	Анализирует техническую документацию к программно-аппаратному комплексу
		ОПК-7.2	Участствует в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Базы данных, Операционные системы, Программирование
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Выпускная квалификационная работа, Преддипломная практика

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Для дневной формы обучения:

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 5 / 180

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	16	16	16	132	62

Для заочной формы обучения:

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 5 / 180

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
заочная	6	6	6	162	24

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

Форма обучения: очная

Семестр: 6

Лекционные занятия (16ч.)

1. Введение в архитектуру ЭВМ.(1ч.)[1,9,10] Уровни представления компьютерных архитектур. Языки программирования, уровни абстракции и виртуальные машины.

2. Организация компьютерной системы.(1ч.)[1,9,10] Процессоры: принципы работы, основы устройства. Различия наборов команд RISC и CISC. Параллелизм исполнения.

Память компьютерной системы. Основная память, методы организации. Кэш-память.

Внешняя память и накопители. Одиночные накопители и массивы RAID. Твердотельные накопители на базе Flash. Оптические накопители. Интерфейсы доступа IDE, SCSI, SATA.

3. Шины, ввод-вывод.(2ч.)[1,9,10] Понятие шины, история центральных и периферийных шин персональных компьютеров.

Шины FSB, QPI, HyperTransport. Шины PCI-E, PCI, USB.

4. Микроархитектурный уровень.(2ч.)[1,9,10] Понятие тракта данных, микрокоманд. Конвейерная микроархитектура. Основные стадии конвейера команд

5. Методы повышения производительности(2ч.)[1,9,10] Методы ускорения выполнения команд в рамках микроархитектуры. Конвейеризация, упреждающая выборка, внеочередное исполнение. Методы повышения производительности: кэширование, предсказание переходов.

6. Пример реализации микроархитектуры.(2ч.)[1,9,10] Пример реализации микроархитектуры на базе intel Haswell, AMD Bulldozer.

7. Архитектура набора команд на примере x86/32-64.(2ч.)[2,4,9,14] Модели памяти, регистры и базовые команды. Типы данных процессора. Форматы команд. Адресация памяти. Виды адресации: регистровая, прямая, косвенная и индексная. Типы команд. Математические и логические операции. Условные и безусловные переходы. Вызовы подпрограмм. Операции и наборы команд для SIMD.

8. Уровень операционной системы.(2ч.)[1,8,10,14] Виртуальная память. Механизмы трансляции адресов, схема работы MMU. Понятия сегментации и страничного обмена. Методы пересчета адресов в разных режимах работы процессора.

Различные методы виртуализации. Виртуализация аппаратного обеспечения, понятие гипервизора. Виртуализация ввода-вывода, виртуализация на уровне процессов, паравиртуализация.

9. Параллельные компьютерные архитектуры. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,10,11,12,13,14] Гомогенные и гетерогенные

архитектуры и вычисления. Внутрипроцессорный параллелизм операций. Многоядерные архитектуры. Специализированные сопроцессоры и сопроцессоры общего назначения. Вычисления с плавающей точкой, графические вычисления, криптография.

GPGPU: NVIDIA CUDA, OpenCL.

Многопроцессорные архитектуры. UMA и NUMA. Принципы работы с памятью и кэшем. Кластерные архитектуры.

Практические занятия (16ч.)

- 1. Практические (семинарские) занятия.(6ч.)[2,4,14]** Практическая работа №1. Знакомство с Ассемблером.
- 2. Практические (семинарские) занятия.(2ч.)[9,10,14]** Практическая работа № 2. Исследование кэш-памяти и обхода памяти.
- 3. Практические (семинарские) занятия.(3ч.)[9,10,14]** Практическая работа №3. Основы программирования с SIMD-инструкциями SSE.
- 4. Практические (семинарские) занятия.(3ч.)[11,12,13,14]** Практическая работа №4. Изучение OpenMP.
- 5. Практические (семинарские) занятия.(2ч.)[11,12,13,14]** Практическая работа №5. Введение в гетерогенные вычисления на основе OpenCL.

Лабораторные работы (16ч.)

- 1. Знакомство с Ассемблером(4ч.)[1,4,6]**
- 2. Исследование кэш-памяти и обхода памяти(2ч.)[8,9]**
- 3. Основы программирования с SIMD-инструкциями SSE(2ч.)[9,10]**
- 4. Изучение OpenMP.(4ч.)[8,14]**
- 5. Введение в гетерогенные вычисления на основе OpenCL.(4ч.)[11,13]**

Самостоятельная работа (132ч.)

- 1. Подготовка к промежуточной аттестации.(36ч.)[1,2,3,4,7]** Экзамен
- 2. Изучение учебно-методической литературы.(64ч.)[1,2,3,4,7]** Подготовка к текущим занятиям, самостоятельное изучение материала. Изучение учебной литературы, технической документации к программно-аппаратному комплексу.
- 3. Подготовка к лабораторным работам(32ч.)[1,2,3,4,7]** Работа над заданиями для лабораторных работ, участвует в настройке и наладке программно аппаратных средств.

Форма обучения: заочная

Семестр: 8

Лекционные занятия (6ч.)

- 1. Введение в архитектуру ЭВМ. Организация компьютерной системы.(1ч.)[1,9,10]** Уровни представления компьютерных архитектур. Языки программирования, уровни абстракции и виртуальные машины. Процессоры: принципы работы, основы устройства. Различия наборов команд

RISC и CISC. Параллелизм исполнения.

Память компьютерной системы. Основная память, методы организации. Кэш-память.

Внешняя память и накопители. Одиночные накопители и массивы RAID. Твердотельные накопители на базе Flash. Оптические накопители. Интерфейсы доступа IDE, SCSI, SATA.

2. Микроархитектурный уровень. Шины, ввод-вывод.(1ч.)[1,9,10] Понятие тракта данных, микрокоманд. Конвейерная микроархитектура. Основные стадии конвейера команд.

Понятие шины, история центральных и периферийных шин персональных компьютеров.

Шины FSB, QPI, HyperTransport. Шины PCI-E, PCI, USB.

3. Методы повышения производительности(1ч.)[1,9,10] Методы ускорения выполнения команд в рамках микроархитектуры. Конвейеризация, упреждающая выборка, внеочередное исполнение. Методы повышения производительности: кэширование, предсказание переходов. Пример реализации микроархитектуры на базе intel Haswell, AMD Bulldozer.

4. Архитектура набора команд на примере x86/32-64.(1ч.)[2,4,9,14] Модели памяти, регистры и базовые команды. Типы данных процессора. Форматы команд. Адресация памяти. Виды адресации: регистровая, прямая, косвенная и индексная. Типы команд. Математические и логические операции. Условные и безусловные переходы. Вызовы подпрограмм. Операции и наборы команд для SIMD.

5. Уровень операционной системы.(1ч.)[1,8,10,14] Виртуальная память. Механизмы трансляции адресов, схема работы MMU. Понятия сегментации и страничного обмена. Методы пересчета адресов в разных режимах работы процессора.

Различные методы виртуализации. Виртуализация аппаратного обеспечения, понятие гипервизора. Виртуализация ввода-вывода, виртуализация на уровне процессов, паравиртуализация.

6. Параллельные компьютерные архитектуры. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (1ч.)[1,10,11,12,13,14] Гомогенные и гетерогенные архитектуры и вычисления. Внутрипроцессорный параллелизм операций.

Многоядерные архитектуры. Специализированные сопроцессоры и сопроцессоры общего назначения. Вычисления с плавающей точкой, графические вычисления, криптография.

GPGPU: NVIDIA CUDA, OpenCL.

Многопроцессорные архитектуры. UMA и NUMA. Принципы работы с памятью и кэшем. Кластерные архитектуры.

Практические занятия (6ч.)

1. Практические (семинарские) занятия.(1ч.)[2,4,14] Практическая работа №1. Знакомство с Ассемблером.

2. Практические (семинарские) занятия.(1ч.)[9,10,14] Практическая работа № 2. Исследование кэш-памяти и обхода памяти.

3. Практические (семинарские) занятия.(1ч.)[9,10,14] Практическая работа №3.

Основы программирования с SIMD-инструкциями SSE.

4. Практические (семинарские) занятия.(1ч.)[11,12,13,14] Практическая работа №4. Изучение OpenMP.

5. Практические (семинарские) занятия.(2ч.)[11,12,13,14] Практическая работа №5. Введение в гетерогенные вычисления на основе OpenCL.

Лабораторные работы (6ч.)

1. Знакомство с Ассемблером(1ч.)[1,4,6]

2. Исследование кэш-памяти и обхода памяти(1ч.)[8,9]

3. Основы программирования с SIMD-инструкциями SSE(1ч.)[9,10]

4. Изучение OpenMP.(1ч.)[8,14]

5. Введение в гетерогенные вычисления на основе OpenCL.(2ч.)[11,13]

Самостоятельная работа (162ч.)

1. Подготовка к промежуточной аттестации.(9ч.)[1,2,3,4,7] Экзамен

2. Изучение учебно-методической литературы.(64ч.)[1,2,3,4,7] Подготовка к текущим занятиям, самостоятельное изучение материала. Изучение учебной литературы, технической документации к программно-аппаратному комплексу.

3. Подготовка к лабораторным работам(64ч.)[1,2,3,4,7] Работа над заданиями для лабораторных работ, участвует в настройке и наладке программно аппаратных средств.

4. Выполнения контрольной работы(25ч.)[1,2,3,4,7]

5. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Dev-C++
2	LibreOffice
3	MASM32
4	Python
5	Visual Studio
6	Windows
7	Антивирус Kaspersky
8	Яндекс.Браузер

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
	ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

6. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Для очной и заочной формы обучения:

1. Типовые задания для анализа технической документации к программно-аппаратным средствам

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-7 Способен участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов	ОПК-7.1 Анализирует техническую документацию к программно-аппаратному комплексу

1. Анализируя техническую документацию к программно-аппаратным средствам, опишите уровни представления компьютерных архитектур. (ОПК-7.1)
2. Анализируя техническую документацию к программно-аппаратным средствам, опишите: языки программирования, уровни абстракции и виртуальные машины. (ОПК-7.1)
3. Анализируя техническую документацию к программно-аппаратным средствам, опишите историю развития компьютерных архитектур. (ОПК-7.1)
4. Анализируя техническую документацию к программно-аппаратным средствам, опишите: типы компьютеров, семейства компьютеров. (ОПК-7.1)

2. Типовые задачи для настройки и наладки программно-аппаратных средств

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ОПК-7 Способен участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов	ОПК-7.2 Участвует в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов

7. Методические рекомендации студентам по изучению дисциплины

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.

В начале семестра студент знакомится с содержанием и структурой дисциплины. Студент самостоятельно планирует свое время, опираясь на календарный график, приведенный в рабочей программе дисциплины. Все виды работ можно разделить на две группы – контактная работа и самостоятельная работа. Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно–образовательной среде.

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине (модулю) включает в себя лекции, лабораторные работы, консультации по выполнению практических и лабораторных работ. Консультации могут быть групповыми или индивидуальными. Контактная работа студентов по дисциплине также может содержать элементы самостоятельной работы. В этом случае она выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Объем времени на контактную работу студентов регламентируется расписанием занятий.

Самостоятельная работа студентов – планируемая учебная, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия и не регламентируется расписанием занятий.

Самостоятельная работа, которую студент организует по своему усмотрению, без непосредственного контроля со стороны преподавателя - подготовка к лекциям, практическим занятиям, контрольным работам, экзамену. В этой связи стоит подчеркнуть, что очень важно умение оптимизировать процесс сочетания этих двух частей, необходимо равномерно распределять силы по всей дистанции семестра.

Для успешного освоения материала и качественного выполнения лабораторной работы необходимо после лекции и перед лабораторной работой, повторить материал (15 – 30 минут).

Перед контрольной работой необходимо не только повторить материал по конспекту лекций, но и изучить рекомендуемую литературу по соответствующим темам.

Сценарий изучения дисциплины (последовательность действий):

1. Посещение лекций (регламентируется расписанием занятий).
2. Выполнение лабораторных работ и выполнение индивидуальных заданий (регламентируется расписанием занятий).
- 3 Самостоятельная внеаудиторная работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой, решение задач.
4. Выполнение контрольных работ.
5. Подготовка к зачету.

Рекомендации по работе с литературой.

Работа с литературой является основным методом самостоятельного овладения знаниями. Это сложный процесс, требующий выработки определенных навыков, поэтому студенту нужно обязательно научиться работать с книгой.

Осмысление литературы требует системного подхода к освоению материала. В работе с литературой системный подход предусматривает не только тщательное (при необходимости – многократное) чтение текста и изучение специальной литературы, но и обращение к дополнительным источникам – справочникам, энциклопедиям, словарям. Эти источники – важное подспорье в самостоятельной работе студента, поскольку глубокое изучение именно их материалов позволит студенту уверенно «распознавать», а затем самостоятельно оперировать теоретическими категориями и понятиями, следовательно – освоить новейшую научную терминологию. Такого рода работа с литературой обеспечивает решение студентом поставленной перед ним задачи (подготовка к практическому занятию, выполнение контрольной работы и т.д.).

Выбор литературы для изучения делается обычно по предварительному списку литературы, который выдал преподаватель, либо путем самостоятельного отбора материалов. После этого непосредственно начинается изучение материала, изложенного в книге.

Прежде чем приступить к чтению, необходимо запомнить или записать выходные данные издания: автор, название, издательство, год издания, название интересующих глав. Предисловие или введение книги поможет установить, на кого рассчитана данная публикация, какие задачи ставил перед собой автор. Это помогает составить представление о степени достоверности или научности данной книги. Содержание (оглавление) дает представление о системе изложения ключевых положений всей публикации и помогает найти нужные сведения. Если в книге есть главы или отдельные параграфы, которые соответствуют исследуемой теме дисциплины, то после этого необходимо ознакомиться с введением.

Во введении или предисловии разъясняются цели издания, его значение, содержится краткая информация о содержании глав работы. Иногда полезно после этого посмотреть послесловие или заключение. Особенно это важно, если это не учебник, а монография, потому что в заключении объясняется то, что может оказаться непонятным при изучении материала. В целом, это поможет правильно структурировать полученные знания.

После просмотра книги целиком или отдельной главы, которая была необходима для изучения определенной темы курса, нужно сделать записи в виде краткого резюме источника. В таком резюме следует отразить основную мысль изученного материала, приведенные в ее подтверждение автором аргументы, ценность данных аргументов и т.п. Данные аргументы помогут сформировать собственную оценку изучаемого вопроса.

Во время изучения литературы необходимо конспектировать и составлять рабочие записи прочитанного. Такие записи удлиняют процесс проработки, изучения книги, но способствуют ее лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал. В идеале каждая подобная запись должна быть сделана в виде самостоятельных ответов на вопросы, которые задаются в конце параграфов и глав изучаемой книги. Однако такие записи могут быть сделаны и в виде простого и развернутого плана, цитирования, тезисов, резюме, аннотации, конспекта.

При изучении литературы особое внимание следует обращать на новые термины и понятия. Понимание сущности и значения терминов способствует формированию способности логического мышления, приучает мыслить абстракциями, что важно при усвоении дисциплины. Поэтому при изучении темы курса студенту следует активно использовать универсальные и специализированные энциклопедии, словари, иную справочную литературу.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

Список литературы

1. Гельбух, С. С. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Архитектура и организация : учебное пособие / С. С. Гельбух. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3474-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118646> (дата обращения: 28.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Системный администратор / ред. Г. Положевец. — Москва : Синдикат 13, 2011. — № 9 (106). — 154 с. : ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=136703>. — ISSN 1813-5579. — Текст : электронный.

3. Бройдо В.Л. Архитектура ЭВМ и система: Учебник/ В.Л. Бройдо, О.П. Ильина. — СПб.: Питер, 2009. - 720 с (10 экз.)

4. Калачев, А.В. Многоядерные процессоры : учебное пособие / А.В. Калачев. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2011. — 248 с. : ил., табл., схем. — (Основы информационных технологий). — Режим доступа: по подписке. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233103> (дата обращения: 31.01.2020). — ISBN 978-5-9963-0349-6. — Текст : электронный.

5. Кирнос, В.Н. Введение в вычислительную технику: основы организации ЭВМ и программирование на Ассемблере / В.Н. Кирнос ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). — Томск : Эль Контент, 2011. — 172 с. : ил., табл., схем. — Режим доступа: по подписке. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208652> (дата обращения: 31.01.2020). — ISBN 978-5-4332-0019-7. — Текст : электронный.

6. Пескова С.А. Архитектура ЭВМ: [текст]: Учеб.пособие для ссузов/ С.А.Пескова, А.В.Кузин. — М.:ФОРУМ, ИНФРА-М, 2006. — 352с. (10экз)

7. Абель, П Ассемблер. Язык программирования для IBM PC: [текст]: Пер. с

англ./ П Абель. - М: ЭНТРОП, 2009. - 736 с. (10 экз.)

8. Еременко Ю.И. Архитектура, принципы функционирования и управления ресурсами IBM: [текст]: Учеб.пособие/ Ю.И.Еременко, Л.А.Кузнецов, А.Я.Скляр. – Старый Оскол: ТНТ, 2003. – 420 с. (10экз)

9. Яшин В.Н. Информатика: аппаратные средства персонального компьютера: [текст]: Учебн.пособие/В.Н.Яшин. – М.: Инфра-М, 2010. – 254с. (10экз)

10. Пятибратов, А.П. Вычислительные машины, сети и телекоммуникационные системы : учебно-методический комплекс / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко. – Москва : Евразийский открытый институт, 2009. – 292 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90949>

11. Извозчикова, В.В. Эксплуатация и диагностирование технических и программных средств информационных систем : учебное пособие / В.В. Извозчикова ; Оренбургский государственный университет, Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 137 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481761> (дата обращения: 24.03.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7410-1746-3. – Текст : электронный.

9. <http://www.vmware.com/ru/products/vsphere/> - документация по гипервизору VMWare ESXi

10. www.ixbt.com – статьи по исследованию процессорных архитектур, памяти и дисковой системы.

11. habr.com – исследовательские статьи по отдельным темам аппаратного обеспечения и программным средствам.

12. developer.nvidia.com/accelerated-computing

13. www.khronos.org/opencvl - библиотека для выполнения общих и специализированных вычислений

14. www.openmp.org