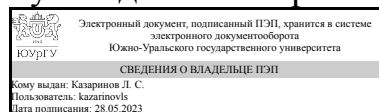


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



Л. С. Казаринов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.03 Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов

для направления 27.04.04 Управление в технических системах

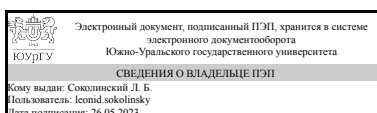
уровень Магистратура

форма обучения заочная

кафедра-разработчик Системное программирование

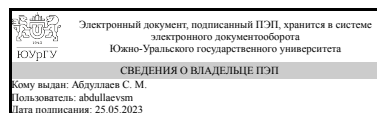
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах, утверждённым приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 942

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., проф.



Л. Б. Соколинский

Разработчик программы,
д.геогр.н., профессор



С. М. Абдуллаев

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины: ознакомление студентов с современными высокопроизводительными вычислениями и специализированными пакетами программ, которые используются для решения задач на суперкомпьютерах. Задачи изучения дисциплины: приобретение студентами прочных знаний и практических навыков в области, определяемой основной целью дисциплины. В результате изучения дисциплины студенты должны уметь решать задачи на суперкомпьютере в параллельном режиме.

Краткое содержание дисциплины

Расчеты на суперкомпьютере с использованием специализированных программных пакетов. Модели, их типы. Природа моделей. Моделирование. Цели моделирования. Этапы моделирования. CAE/CAD системы. Основные понятия. История развития CAE/CAD систем. Примеры CAE/CAD систем. Возможности CAE/CAD систем. Обмен файлами между суперкомпьютером и персональным компьютером, постановка задачи на решение на суперкомпьютере. Задачи для суперкомпьютеров. Приложения, где используются суперкомпьютерные вычисления. Методы, используемые для решения задач на суперкомпьютерах в специализированных пакетах программ. Метод конечных элементов. Метод конечных объемов. Преимущества и недостатки методов. Сходимость и точность. Общие принципы построения пакетов программ, реализующих метод конечных элементов и метод конечных объемов. Базовые понятия параллельных вычислений. Необходимость и значимость параллельных вычислений. Режимы выполнения задач: последовательный, псевдопараллельный, параллельный. Виды параллелизма: многопроцессорная обработка, конвейерная обработка, векторная обработка. Пути достижения параллелизма вычислений. Суперкомпьютеры: производительность, списки Top500, Top50. Классификация параллельных систем: систематика Флинна. Кластеры. Топология соединительных сетей мультимпьютеров. Оценка эффективности параллельных вычислений: ускорение, эффективность, стоимость. Закон Амдала. Закон Густафсона.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	Знает: методы анализа проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики Умеет: анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики Имеет практический опыт: анализа проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.04 История и методология науки и техники	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.04 История и методология науки и техники	<p>Знает: приемы и методы формулирования задач управления в технических системах, процедуры критического анализа, методики анализа результатов исследования и разработки стратегий проведения исследований, организации процесса принятия решения, методы анализа и выявления естественно-научную сущности проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики</p> <p>Умеет: формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения, принимать конкретные решения для повышения эффективности процедур анализа проблем, принятия решений и разработки стратегий, анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики</p> <p>Имеет практический опыт: формулирования задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения, владения методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них; методиками постановки цели и определения способов ее достижения; методиками разработки стратегий действий при проблемных ситуациях, анализа естественно-научную сущности проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики</p>

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 12,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
--------------------	-------------	------------------------------------

		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	8	8
Лекции (Л)	4	4
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	59,75	59,75
Тема для самостоятельного изучения. Графический интерфейс пользователя (GUI) комплекса метода конечных элементов ANSYS. Типы применяемых конечных элементов.	8	8
Тема для самостоятельного изучения. Построения расчетных сеток и настройки решателей Fluent (механика жидкости и газа).	4	4
Тема для самостоятельного изучения. Создание геометрической модели в пакетах машиностроения и порядок передачи данных в комплекс МКЭ ANSYS для создания расчетной модели – сетки конечных элементов.	4	4
Подготовка к зачету	19,75	19.75
Тема для самостоятельного изучения. Методы программирования для параллельных ЭВМ	4	4
Написание реферата	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы суперкомпьютерного моделирования	1	1	0	0
2	Моделирование технических устройств и процессов	6	2	4	0
3	Эффективность параллельных вычислений	1	1	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Архитектура ЭВМ. Принципы Джон фон Неймана. Топология сети «Полный граф». Понятие о последовательных и параллельных вычислениях. Необходимость и экономическое обоснование параллельных вычислений.	0,5
2	1	Ресурсы параллельных вычислений: мультипроцессорные системы и сети. Производительность суперкомпьютеров. Топ-500. Классификация многопроцессорных систем по потокам данных и инструкций (Таксономия Флинна).	0,5
3	2	Понятие о моделях, компьютерном моделировании, CAD, CAE. Этапы конечно-элементного анализа (FEA - Finit Element Analysis).	0,5
4	2	Физико-математические основы метода Конечных Элементов (МКЭ) . Матричное представление. Система пружин. Терминология МКЭ.	0,5

5	2	Преимущества конечно-элементного анализа. Замечания о выборе физической модели. Недостатки и погрешности МКЭ. Оценка точности расчетов. Подготовка исходных данных для МКЭ.	0,5
6	2	Универсальная программная система конечно-элементного анализа ANSYS. Графический интерфейс и модули ANSYS. Постановка задачи на решение на суперкомпьютере	0,5
7	3	Показатели эффективности: ускорение относительно последовательного выполнения вычислений ; эффективность использования процессоров; стоимость вычислений. Закон Амдала. Закон Густафсона-Барсиса. Ускорение масштабирования. Сильная и слабая масштабируемость. Реальная масштабируемость задач компьютерного моделирования	0,5
8	3	Типы параллелизма. Синхронное и асинхронное выполнение задач в различных архитектурах. Доменная декомпозиция программы (параллелизм по данным). Среда параллельного программирования. Понятие о мастер-процессе (master thread) и рабочих процессах (worker threads) в OpenMP. Балансировка данных. Примеры функциональной декомпозиции задач моделирования процессов и устройств (многозадачность).	0,5

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Создание геометрической модели снизу вверх и сверху вниз. Пакет программ ANSYS	1
2	2	Определить напряжения, перемещения, деформации при растяжении стержня и упругой квадратной пластине, нагруженной равномерно распределенным давлением и защемленной по двум сторонам.	1
3	2	Мультидисциплинарный анализ микроэлектромеханической системы сложной конструкции	1
4	2	Анализ переходных процессов теплообмена во время литья и кристаллизации	1

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
Тема для самостоятельного изучения. Графический интерфейс пользователя (GUI) комплекса метода конечных элементов ANSYS. Типы применяемых конечных элементов.	Басов, К. А. Графический интерфейс комплекса ANSYS : руководство / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2008. — 248 с. — ISBN 5-94074-074-X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/1290 (дата обращения: 29.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	8
Тема для самостоятельного изучения.	Основы работы в ANSYS 17 / Н. Н.	2	4

Построения расчетных сеток и настройки решателей Fluent (механика жидкости и газа).	Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов, Ю. В. Захарова. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-425-0.		
Тема для самостоятельного изучения. Создание геометрической модели в пакетах машиностроения и порядок передачи данных в комплекс МКЭ ANSYS для создания расчетной модели – сетки конечных элементов.	Басов, К. А. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 240 с. — ISBN 5-94074-301-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/1295 (дата обращения: 29.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	4
Подготовка к зачету	Список основной литературы (раздел информационное обеспечение) Курс лекций в Электронном ЮУрГУ	2	19,75
Тема для самостоятельного изучения. Методы программирования для параллельных ЭВМ	Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-758-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/135516 (дата обращения: 29.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	4
Написание реферата	Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование, науч. журн., Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика, науч. журн., Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. Supercomputing frontiers and innovations, науч. журн., Chelyabinsk: Publishing center of South Ural State University.	2	20

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	2	Текущий	Создание геометрической	1	10	В рабочей папке студента в	зачет

		контроль	модели снизу вверх и сверху вниз. Пакет программ ANSYS			ПБК-ANSYS сохранены и открываются (файл *.db) геометрические модели: созданная по инструкции модель поверхности «квадрат»-2 балла и самостоятельно созданная модель «произвольный треугольник»-3 балла; созданная по инструкции модель «куб по размерам» -2 балла и самостоятельно созданная модель «тор с разрезом»-3 балла; Всего 10 баллов	
2	2	Текущий контроль	Определить напряжения, перемещения, деформации при растяжении стержня и упругой квадратной пластине, нагруженной равномерно распределенным давлением и защемленной по двум сторонам	1	20	Критерий : в рабочей папке студента в ПБК-ANSYS открывается работающая модель стержня и в соответствии с образцом в цветовой шкале представлены распределения напряжения, перемещения, деформации -10 баллов. Если модель открывается, но распределения физических величин не соответствует образцу-8 баллов. Если представлена только геометрическая модель не запускающаяся на счет («Solution») -2 балла. В ПБК-ANSYS открывается модель пластины и представлены распределения напряжения, перемещения, деформации в соответствии с образцом -10 баллов. Если модель открывается, но распределения физических величин не соответствует образцу-8 баллов. Если представлена только геометрическая модель не запускающаяся на счет («Solution») -2 балла. Всего 20 баллов.	зачет
3	2	Текущий контроль	Анализ магнитного поля создаваемого соленоидальным приводом заданной геометрии	1	10	Критерий : в папке студента в ПБК-ANSYS открывается рабочая трехмерная модель соответствующая образцу -10 баллов. Если модель открывается, но распределения физических величин не соответствует образцу-8 баллов. Если представлена только геометрическая модель с нагрузкой не запускающаяся на счет («Solution») -2 балла	зачет

4	2	Текущий контроль	Мультидисциплинарный анализ микроэлектромеханической системы сложной конструкции	1	10	Критерий : в папке студента в ПК-ANSYS открывается рабочая трехмерная модель позволяющая анимировать тепловые и электрические поля сопровождаемые деформацией конструкции -10 баллов. Если анимация запускается, но распределения физических величин не соответствует образцу-8 баллов. Если представлена только геометрическая модель с нагрузкой не запускающаяся на счет («Solution») -2 балла.	зачет
5	2	Текущий контроль	Написание реферата	1	20	Полнота обзора темы -10 баллов; Актуальность и качество использованных источников информации-6 баллов; Качество оформления реферата-4 балла Требования и критерии в приложение "Написание реферата"	зачет
6	2	Промежуточная аттестация	Зачет	-	20	За письменные ответ на каждый из двух вопросов выставляется до 10 баллов включительно. В ответе на вопросы раскрыты все 4 содержащиеся в вопросе понятия, приведены необходимые примеры: 10 баллов; раскрыты 3, 2, 1 понятие - 8, 6, 3 баллов, соответственно. Всего до 20 баллов.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Для оценки результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС) оценки 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. Зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...100 %. Не зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %. Если студент не согласен с оценкой, полученной по результатам текущего контроля, студент проходит мероприятие промежуточной аттестации в виде зачета. В этом случае оценка за дисциплину рассчитывается на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Фиксация	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	результатов учебной деятельности по дисциплине проводится в день зачета при личном присутствии студента.	
--	--	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ОПК-1	Знает: методы анализа проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики		+	+	+		+
ОПК-1	Умеет: анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Имеет практический опыт: анализа проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики				+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера Текст практ. рук. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. ил.
2. Басов, К. А. ANSYS Текст справ. пользователя К. А. Басов. - 2-е изд., стер. - М.: ДМК-Пресс, 2012. - 639 с. ил.
3. Гергель, В. П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем Текст учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" В. П. Гергель ; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского ; Суперкомпьютерный консорциум университетов России. - Москва: Физматлит, 2010. - 539, [4] с. ил. 25 см
4. Практикум по методам параллельных вычислений Текст учебник для вузов по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" А. В. Старченко и др.; под ред. А. В. Старченко ; Том. гос. ун-т. - М.: Издательство Московского университета, 2010. - 199 с. ил. 21 см
5. Воеводин, В. В. Вычислительная математика и структура алгоритмов : 10 лекций о том, почему трудно решать задачи на вычислительных системах параллельной архитектуры и что надо знать дополнительно, чтобы успешно преодолевать эти трудности [Текст] учебник для вузов по направлениям ВПО 010400 "Приклад. математика и информатика" и 010300 "Фундаментал. информатика и информационные технологии" В. В. Воеводин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство Московского университета, 2010. - 166 с. ил. 21 см

6. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления Учеб. пособие для вузов по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 599 с.

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

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

1. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование, науч. журн., Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ.
2. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика, науч. журн., Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ.
3. Supercomputing frontiers and innovations, науч. журн., Chelyabinsk: Publishing center of South Ural State University.

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

1. Методические указания по освоению дисциплины «Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов».

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания по освоению дисциплины «Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов».

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Федорова, Н.Н. Основы работы в ANSYS 17. [Электронный ресурс] / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, М.Н. Данилов, Ю.В. Захарова. – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 210 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/90112 – Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Басов, К.А. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 240 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/1295 – Загл. с экрана.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Басов, К.А. Графический интерфейс комплекса ANSYS. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 248 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/1290 – Загл. с экрана.
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Басов, К.А. ANSYS: справочник пользователя. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 640 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/1335 – Загл. с экрана.

5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шашурин, В.И. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 40 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52147 – Загл. с экрана.
6	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-758-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/135516 (дата обращения: 12.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей
7	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Антонов, А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI : учебное пособие / А. С. Антонов. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 83 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/100359 (дата обращения: 12.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Левин, М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP : учебное пособие / М. П. Левин. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 133 с. — ISBN 978-5-94774-857-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/100358 (дата обращения: 12.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей
9	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : учебное пособие / А. А. Малявко. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-2614-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118245 (дата обращения: 12.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
10	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Арыков, С. Б. Параллельное программирование над общей памятью. OpenMP : учебное пособие / С. Б. Арыков, М. А. Городничев, Г. А. Щукин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 95 с. — ISBN 978-5-7782-3796-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152252 (дата обращения: 12.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
11	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Нурматова, Е. В. Управление большими базами данных и высоконагруженными системами : учебное пособие / Е. В. Нурматова, Р. Ф. Халабия, Л. В. Бунина. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019. — 120 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/171496 (дата обращения: 12.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. РСК Технологии-Система "Персональный виртуальный компьютер" (ПВК) (MS Windows, MS Office, открытое ПО)(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(28.02.2017)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	202 (3г)	Компьютер, проектор, программа Microsoft Office
Практические занятия и семинары	110 (3г)	Компьютеры, подключение к сети Интернет, суперкомпьютер, система «Персональный виртуальный компьютер», пакет программ ANSYS