

# КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор  
Кубанский  
государственный  
университет  
М. Б. Астапов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 2.1.1.3 Искусственный интеллект и машинное обучение  
для направления 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ  
уровень Аспирантура  
аспирантская программа Компьютерные науки и информатика  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Системное программирование

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению  
подготовки 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ, утверждённым приказом Минобрнауки от 24.04.2018 № 308

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н.

А. В. Коваленко

Разработчик программы,  
д.техн.н.

А. В. Коваленко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.техн.н., доц.

А. В. Коваленко

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель – сформировать у студентов навыки работы с данными и решения прикладных задач, дать представление о искусственном интеллекте, об основных методах машинного обучения и видах задач, решаемых ими. Задачи: 1. Дать понятие о искусственном интеллекте и его методах. 2. Ознакомить с понятием машинного обучения и его основными задачами. 3. Дать представление о методах выбора модели для конкретной задачи, оценке качества модели и ее настройке. 4.

Сформировать практические навыки решения задач машинного обучения, показать готовые реализации методов машинного обучения в современных библиотеках.

## Краткое содержание дисциплины

Искусственный интеллект и машинное обучение. Эволюционные алгоритмы искусственного интеллекта. Основные типы задач, решаемых с помощью методов машинного обучения, подготовка входных данных, оценка качества моделей, выбор модели для решения конкретной задачи, готовые реализации методов машинного обучения в современных библиотеках.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-7 Способен управлять проектами по созданию, поддержке и использованию систем искусственного интеллекта со стороны заказчика	Знает: - методы и средства взаимодействия с инженерами по знаниям, разработчиками, ключевыми пользователями и экспертами в процессе создания, внедрения и использования систем искусственного интеллекта; - методы распределения ролей в проектной команде, гибкие (agile) технологии выполнения проектных работ Умеет: применять методы и средства коллективной работы, гибкие (agile) технологии выполнения проектных работ в координации работ по созданию, внедрению и сопровождению систем искусственного интеллекта Имеет практический опыт: участия в проектах по анализу использования искусственного интеллекта и машинного обучения в искусственном интеллекте и машинном обучении
ПК-8 Способен использовать методы и инструменты инженерии знаний	Знает: методологические подходы к выбору и применению методов структурирования знаний для предметных областей в виде ментальных карт, таксономий, деревьев целей и решений Умеет: применять методы структурирования знаний для построения концептуальных моделей знаний (онтологий знаний) Имеет практический опыт: участия в проектах по анализу использования искусственного интеллекта и машинного обучения в искусственном интеллекте и машинном обучении

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Искусственные нейронные сети

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

Нет

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 72 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180	
<i>Аудиторные занятия:</i>	72	72	
Лекции (Л)	36	36	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	36	36	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СР)</i>	108	108	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Самостоятельное изучение тем	68	68	
Подготовка к мини тестам и итоговому тесту	40	40	
Консультации и промежуточная аттестация	5	5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основы высшей математики	20	8	12	0
2	Информационные технологии	26	12	14	0
3	Искусственный интеллект и машинное обучение	26	12	14	0

#### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана—Банаха. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.	2
2	1	Собственные векторы и собственные значения линейного оператора. Процесс ортогонализации Грамма-Шмидта. Цилиндрические и конические поверхности. Поверхности вращения. Поверхности второго порядка. Метод Гаусса-Жордана. Метод Зейделя. Методы полной и неполной релаксации. Полная проблема собственных значений. Устойчивость проблемы собственных значений. Метод Крылова. Нахождение собственных векторов по методу Крылова. Эскалаторный метод. Определение наибольшего по модулю собственного значения и принадлежащего ему собственного вектора. Метод скалярных произведений. Метод координатной релаксации. Метод $\lambda$ -разности. Уточнение отдельного собственного значения и принадлежащего ему собственного вектора. Основные алгебраические структуры (группы, кольца, поля, тела). Тензорные функции.	2
3	1	Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.	2
4	1	Теория вероятностей. Математическая статистика. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений.	2
5	2	Математические методы и модели исследования операций. Основные понятия теории временных рядов. Технология блокчейн. Классификация систем поддержки принятия решений. Проектирование системы поддержки принятия решений. Автоматизация проектирования. Математические модели искусственного интеллекта.	2
6	2	Численные методы. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа. Методы оптимизации.	2
7	2	Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ: Maple, Matlab, Comsol.	6
2	2	Нелинейная и логистическая регрессия. Байесовский подход к классификации. Алгоритм Парзена — Розенблатта. Кластеризация $k$ -средними. Иерархическая кластеризация. Кластеризации при помощи карт Кохонена. Поиск ассоциаций в данных. Алгоритм Apriori.	6

3	3	<p>Средства разработки систем искусственного интеллекта. Машинное обучение. Нейронные сети. Глубокое обучение. Нечеткие производственные системы. Основные виды машинного обучения. Нечеткие производственные системы. Типы нейронных сетей. Гибридные (нейро-нечеткие) системы. Проектирование и разработка интеллектуальных систем. Деревья решений и случайные леса. Псевдо-нейронные сети. Нейрокомпьютеры. Свёрточные и рекуррентные нейронные сети. Обратное распространение. Современные алгоритмы глубокого обучения. Алгоритм бустинга. LASSO-регуляризация. Гребневая регрессия. Метод упругого распространения. Генетические алгоритмы. Алгоритмы построения деревьев решений. Функция ReLU. Метод наименьших квадратов. Метод главных компонент. Нечеткие лингвистические переменные. Системы нечеткого вывода. Математические модели нейронных сетей. Многослойный перцептрон. Теоремы Колмогорова-Арнольда и Хехт-Нильсена. Формальный язык логики предикатов. Функция ценности для алгоритма обучения с подкреплением. Метод Монте-Карло. Теорема о градиенте стратегии. Методы ценности действий. Методы временных различий. Байесовское Q-обучение. Системы ANFIS и NNFLC. Нечеткие производственные системы Мамдани-Заде, Такаги-Сугено-Канга. Модели Мамдани, Сугено и Цукамото. Рекуррентные сети Эльмана, Джордана, двунаправленные. Взрывающиеся градиенты рекуррентных сетей. Долгосрочная память в базовых рекуррентных сетях. Системы искусственного интеллекта в науке. Экспертные оценки. Шкала Саати. Мера несогласованности. Гетероассоциативная память. Принцип сжатия информации. Нейросетевые модели пошаговой оптимизации, маршрутизации и тактических игр. Логические нейронные сети. Принципы и методы, используемые при построении схем нейросетевого управления. Синтез нейроконтроллеров средствами MATLAB Simulink.</p>	20
---	---	--	----

### 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
Самостоятельное изучение учебного пособия для вузов.	Построение моделей и численная реализация. Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 292 с. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/200447">https://e.lanbook.com/book/200447</a>	1	11,5
Подготовка к мини тестам и итоговому тесту	Васильев, А. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов / А. А. Васильев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 232 с. - URL: <a href="https://urait.ru/bcode/492134">https://urait.ru/bcode/492134</a>	1	40

### 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	Учи-тыва-ется в ПА
1	1	Текущий контроль	Тест 1	1	4	Тест состоит из 4 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 4.	экзамен
2	1	Текущий контроль	Тест 2	1	4	Тест состоит из 4 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 4.	экзамен
3	1	Текущий контроль	Тест 3	1	5	Тест состоит из 5 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 5.	экзамен
4	1	Текущий контроль	Тест 4	1	4	Тест состоит из 4 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 4.	экзамен
5	1	Текущий контроль	Тест 5	1	5	Тест состоит из 5 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 5.	экзамен
6	1	Текущий контроль	Тест 6	1	4	Тест состоит из 4 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 4.	экзамен
7	1	Текущий контроль	Тест 7	1	4	Тест состоит из 4 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 4.	экзамен
8	1	Текущий контроль	Практическая работа 1	1	10	<p>Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 4 вопроса).</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- верно реализованы алгоритмы – 3 балла</li> <li>- выводы логичны и обоснованы – 2 балла</li> </ul>	экзамен

						<p>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл</p> <p>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл</p> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p>	
9	1	Текущий контроль	Практическая работа 2	1	10	<p>Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 4 вопроса).</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- верно реализованы алгоритмы – 3 балла</li> <li>- выводы логичны и обоснованы – 2 балла</li> <li>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл</li> <li>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл</li> </ul> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p>	экзамен
10	1	Текущий контроль	Практическая работа 3	1	10	<p>Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 4 вопроса).</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- верно реализованы алгоритмы – 3 балла</li> <li>- выводы логичны и обоснованы – 2 балла</li> <li>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл</li> <li>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл</li> </ul> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p>	экзамен
11	1	Текущий контроль	Практическая работа 4	1	10	<p>Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 4 вопроса).</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая</p>	экзамен

						<p>система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- верно реализованы алгоритмы – 3 балла</li> <li>- выводы логичны и обоснованы – 2 балла</li> <li>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл</li> <li>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл</li> </ul> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p>	
12	1	Текущий контроль	Практическая работа 5	1	10	<p>Защита практической работы осуществляется индивидуально.</p> <p>Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 4 вопроса).</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.</p> <p>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- верно реализованы алгоритмы – 3 балла</li> <li>- выводы логичны и обоснованы – 2 балла</li> <li>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл</li> <li>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл</li> </ul> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p>	экзамен
13	1	Промежуточная аттестация	Итоговый тест	1	20	<p>Тест состоит из 20 равнозначных вопросов. Количество баллов равно числу правильных ответов. Максимальное число баллов - 20.</p>	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ
-------------	---------------------	------



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПК-7	Знает: - методы и средства взаимодействия с инженерами по знаниям, разработчиками, ключевыми пользователями и экспертами в процессе создания, внедрения и использования систем искусственного интеллекта; - методы распределения ролей в проектной команде, гибкие (agile) технологии выполнения проектных работ		+		+		+						+	+
ПК-7	Умеет: применять методы и средства коллективной работы, гибкие (agile) технологии выполнения проектных работ в координации работ по созданию, внедрению и сопровождению систем искусственного интеллекта			+				+			+			+
ПК-7	Имеет практический опыт: участия в проектах по анализу использования искусственного интеллекта и машинного обучения в металлургии			+	+						+			+
ПК-8	Знает: методологические подходы к выбору и применению методов структурирования знаний для предметных областей в виде ментальных карт, таксономий, деревьев целей и решений		+										+	
ПК-8	Умеет: применять методы структурирования знаний для построения концептуальных моделей знаний (онтологий знаний)						+							
ПК-8	Имеет практический опыт: участия в проектах по анализу использования искусственного интеллекта и машинного обучения в металлургии								+					

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учебное пособие для вузов / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 292 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/200447> (дата обращения: 12.04.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-9551-1.
2. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 : учебное пособие / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 228 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/209906> (дата обращения: 19.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-2512-9
3. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде COMSOL Multiphysics 5.2 : учебное пособие по направлениям подготовки: "Прикладная математика и информатика" по программе 02 - "Математическое моделирование", "Информатика и вычислительная техника", профиль подготовки "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. - 227 с.
4. Математическое моделирование мембранных процессов с

использованием Comsol multiphysics 4.3 : учебное пособие для студентов, магистрантов / А. М. Узденова, А. В. Коваленко, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко ; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2013. - 224 с.

5. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры : монография / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59285> (дата обращения: 14.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 5-9221-0120-X.

6. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях : учебное пособие. учебное пособие / И. В. Кудинов [и др.] ; под ред. Э. М. Карташова. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 208 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211796>

7. Васильев, А. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов / А. А. Васильев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 232 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/492134> (дата обращения: 15.11.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-09097-0

8. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / А. А. Халафян, Г. В. Калайдина, Е. Ю. Пелипенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2018. - 183 с.

9. Халафян, Алексан Альбертович (КубГУ). Методы машинного обучения в Data Mining пакета STATISTICA : учебное пособие для студентов / А. А. Халафян. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2022. - 259 с.

10. Системный анализ : учебное пособие / авторы: А. А. Халафян, Г. В. Калайдина, В. А. Акиньшина, Е. Ю. Пелипенко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2020. - 179 с.

11. Барский, А. Б. Логические нейронные сети : учебное пособие : [16+] / А. Б. Барский. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) : Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 352 с. : ил.,табл., схем. – (Основы информационных технологий). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232983>

12. Фарунцев, С. Д. Интеллектуальные технологии управления в технических системах : учебное пособие : [16+] / С. Д. Фарунцев ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2019. – 104 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682099> (дата обращения: 06.12.2022).

13. Целых, А. Н. Современные методы прикладной информатики в задачах анализа данных: учебное пособие по курсу «Методы интеллектуального анализа данных» : [16+] / А. Н. Целых, А. А. Целых, Э. М. Котов ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2021. – 130 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL:

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683920> (дата обращения: 06.12.2022)

14. Платонов, А. В. Машинное обучение : учебное пособие для вузов / А. В. Платонов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 85 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15561-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/508804> (дата обращения: 06.12.2022)

*б) дополнительная литература:*

Не предусмотрены

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

Не предусмотрены

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

Не предусмотрены

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

Не предусмотрены

### **Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Научная библиотека КубГУ	Математическое моделирование мембранных процессов с использованием Comsol multiphysics 4.3 : учебное пособие для студентов, магистрантов / А. М. Узденова, А. В. Коваленко, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко ; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2013. - 224 с.
2	Основная литература	Научная библиотека КубГУ	Математическое моделирование физико-химических процессов в среде COMSOL Multiphysics 5.2 : учебное пособие по направлениям подготовки: "Прикладная математика и информатика" по программе 02 - "Математическое моделирование", "Информатика и вычислительная техника", профиль подготовки "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. - 227 с.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. - MATLAB Simulink (бессрочно);
2. – Maple (бессрочно);
3. – Comsol (бессрочно).

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	114-1 (2)	Проектор
Зачет, диф.зачет	114-1 (2)	Компьютерный класс
Практические занятия и семинары	114-1 (2)	Компьютерный класс