

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра прикладной математики и информатики



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины
Моделирование непрерывных процессов

по направлению подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль) Прикладная математика и информатика

СОГЛАСОВАНО
Начальник отдела обеспечения
деятельности ИЭИС


П.В. Лысухо
(подпись)
«14» февраля 2020 г.
число месяц

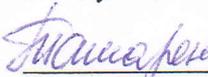
Разработал
доцент кафедры ПМИ


Л.Е. Бритвина
подпись
«11» 02 2020 г.
число месяц

Принято на заседании кафедры ПМИ

Протокол № 7 от 12.02.2020 г.

Заведующий кафедрой


А.С. Татаренко
подпись
«12» 02 2020 г.
число месяц

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины: формирование компетентности студентов в области математического моделирования, способствующей усвоению теоретических знаний, умений и практических навыков решения проблем, возникающих при исследовании непрерывных процессов, выработка умений и практических навыков применения современных инструментов компьютерного моделирования, в том числе с использованием систем компьютерной математики (СКМ) и web-технологий.

Задачи:

а) сформировать способность обрабатывать и моделировать процессы в рамках современных научных исследований, формировать выводы по соответствующим научным исследованиям на основе проведенного математического моделирования;

б) сформировать умение использовать информационные интернет-технологии, базы данных, web-ресурсы для решения прикладных задач в области профессиональной деятельности;

в) ориентировать обучающихся на анализ прикладных задач и математическое моделирование с использованием современного специализированного программного обеспечения.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика и направленности (профилю) Прикладная математика и информатика (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин: «Алгебра и геометрия», «Алгебра, геометрия и математическая логика», «Математический анализ», «Информатика», «Системы компьютерной математики», также необходимо знание физики в объеме школьной программы. Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): «Математическое моделирование», «Уравнения математической физики», «Концепции современного естествознания», «Практика производственная», других дисциплин и практик в рамках учебного плана ОПОП.

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

Профессиональные компетенции:

ПК-1 Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.

Результаты освоения учебной дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты освоения учебной дисциплины

<i>Код и наименование компетенции</i>	<i>Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)</i>		
ПК-1 Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1.1 Знать методы, основанные на сборе, анализе и интерпретации научных данных в области профессиональной деятельности	ПК-1.2 Уметь собирать и обрабатывать статический, экспериментальный, теоретический, графический и т. п. материал, необходимый для построения математических моделей, расчетов и конкретных практических выводов; использовать методы прикладной математики и математического моделирования для решения научно-исследовательских и прикладных задач в области профессиональной деятельности	ПК-1.3 Владеть профильными знаниями и практическими навыками прикладной математики и информатики; - методами построения непрерывных и дискретных математических моделей процессов

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

<i>Части учебной дисциплины</i>	<i>Всего</i>	<i>Распределение по семестрам</i>
		<i>4 семестр</i>
1. Трудоемкость учебной дисциплины в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	3
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	54	54
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	-	-
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	54	54
5. Промежуточная аттестация <i>(зачет; дифференцированный зачет; экзамен)</i> (АЧ)	зачет	зачет

4.1.2 Трудоемкость учебной дисциплины для заочной/очно-заочной формы обучения: не предусмотрено учебным планом.

4.2 Содержание учебной дисциплины

Раздел № 1. Введение. Основные представления о роли математического моделирования.

Математическое моделирование в науке как средство изучения природных, инженерных и общественных систем. Типы моделирования. Особенности математического моделирования.

Основные этапы метода математического моделирования. Понятие вычислительного эксперимента. Примеры явлений, которые могут быть изучаемы только методами математического моделирования.

Раздел № 2. Динамические модели и методы математического моделирования.

Понятие фазового пространства и динамической системы. Метрические и нормированные пространства, применяемые при моделировании непрерывных процессов. Простейшие модели, получаемые из фундаментальных законов физики. Обсуждение моделей и границ их применимости. Адекватность и корректность модели на примере моделей, получаемых из фундаментальных законов физики. Демонстрация основных этапов построения математических моделей. Проведение расчетов характеристик движения для нескольких моделей, создание компьютерных моделей, обсуждение полученных результатов.

Раздел № 3. Жесткие и мягкие математические модели.

«Жесткая» модель как путь к ошибочным предсказаниям. Модели соперничества. Методы анализа математических моделей на примере моделирования непрерывных процессов. Подведение итогов курса.

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебной дисциплины

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины, УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (час)				В т.ч. ауд. СРС	ЭКЗ	Внеауд. СРС (час)	Формы текущего контроля
		Аудиторная							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР					
1.	Введение. Основные представления о роли математического моделирования	6	6	-	1		4	Письменный опрос, дискуссия по теме занятия	
2.	Динамические модели и методы математического моделирования	6	24	-	6		38	Письменный опрос, расчётно-практическая работа, дискуссия по теме занятия	
3.	Жесткие и мягкие математические модели	6	6	-	2		12	Индивидуальное практическое задание, дискуссия по теме занятия	
	<i>Промежуточная аттестация</i>	-	-	-	-	-	-	<i>зачёт</i>	
	ИТОГО	18	36	-	9	-	54		

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены учебным планом.

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1.	Математическое моделирование в науке как средство изучения природных, инженерных и общественных систем. Типы моделирования (вводная лекция с элементами проблемной лекции-презентации, дискуссия)	3
2.	Особенности математического моделирования. Основные этапы метода математического моделирования (лекция-презентация, дискуссия)	3
3.	Динамические модели. Основные понятия (лекция-презентация, дискуссия)	3
4.	Модели и границы их применимости на примере моделей, получаемых из фундаментальных законов физики (проблемная лекция, дискуссия)	3
5.	Жесткие и мягкие математические модели (лекция-презентация, дискуссия)	3
6.	Методы анализа математических моделей на примере моделирования непрерывных процессов (проблемная лекция, дискуссия, рефлексия полученных образовательных результатов)	3
	ИТОГО	18

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1.	Типы моделирования. Математическое моделирование (проблемный семинар)	1
2.	Понятие непрерывности и непрерывного процесса (проблемный семинар)	1
3.	Основные этапы метода математического моделирования на примерах (проблемный семинар с проведением письменного опроса)	4
4.	Построение простейших моделей, получаемых из фундаментальных законов физики. Содержательная постановка задачи, построение концептуальной модели, математическая постановка задачи моделирования (проблемный семинар, выполнение расчётно-практической работы)	2
5.	Построение простейших моделей, получаемых из фундаментальных законов физики. Анализ разных методов решения и полученного решения, исследование фазовых траекторий (проблемный семинар, выполнение расчётно-практической работы, письменный опрос)	3
6.	Компьютерное моделирование непрерывных процессов на примере создания моделей, получаемых из фундаментальных законов физики (семинар-дискуссия, выполнение расчётно-практической работы, сдача первой части работы)	3
7.	Построение простейших моделей, получаемых из фундаментальных законов физики. Усложнение модели, рассмотрение движения в среде, обладающей сопротивлением (проблемный семинар, выполнение расчётно-практической работы)	5
8.	Компьютерное моделирование непрерывных процессов на примере создания моделей, получаемых из фундаментальных законов физики (семинар-дискуссия, выполнение расчётно-практической работы, сдача второй части работы)	5
9.	Моделирование непрерывных процессов на примере создания моделей, получаемых из фундаментальных законов физики (семинар-дискуссия, сдача третьей части расчётно-практической работы с компьютерным моделированием)	6
10.	«Жесткие» и «мягкие» модели (семинар-дискуссия)	1
11.	Модели соперничества (проблемный семинар, выполнение индивидуального практического задания)	4
12.	Модели соперничества (проблемный семинар, сдача индивидуального практического задания)	1
	ИТОГО	36

Самостоятельная работа студентов. В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы – аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его участия. Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала, подготовку к письменному опросу, выполнение определенных заданий расчетно-практической работы и индивидуального практического задания.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе с современными ПК с подключением к сети «Интернет» и установленным лицензионным программным обеспечением. Лекционные занятия проводятся в учебной аудитории (или компьютерном классе), оборудованной мультимедийной проекционной системой с интерактивной доской или экраном.

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины представлено в Приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

№	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения
1.	Наличие специальной аудитории	Компьютерный класс Персональные компьютеры с подключением к сети «Интернет» Учебная мебель, Доска
2.	Мультимедийное оборудование	Интерактивная доска или экран Мультимедийная проекционная система
3.	Программное обеспечение	Microsoft Windows 10 Professional. Лицензия – Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212 Microsoft Office 365. Предоставляется безвозмездно по соглашению с компанией Microsoft. Биллинговый номер: 6ba38bf7-ac16-478b-b382-0dfd321d02de Свободно распространяемое ПО: <ul style="list-style-type: none"> • Adobe Acrobat Reader DC. Лицензионное соглашение Adobe: https://www.images2.adobe.com/www.adobe.com/content/dam/acom/en/legal/licenses-terms/pdf/PlatformClients_PC_WWEULA-en_US-20150407_1357.pdf. • GNU Octave https://www.gnu.org/software/octave/download.html Лицензия: https://www.gnu.org/software/octave/license.html • GeoGebra Classic 6 https://www.geogebra.org/download Лицензия: https://www.geogebra.org/license
4.	Интернет-платформа для аудиторной и внеаудиторной СРС, контактной внеаудиторной работы	Курс дистанционного обучения (ДО) http://do.novsu.ru/course/view.php?id=3889

Приложение А
(обязательное)
Фонд оценочных средств
учебной дисциплины «Моделирование непрерывных процессов»

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть – общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть – фонд вопросов и заданий, который не может быть заранее доступен для обучающихся (вопросы тестов, вопросы к проверочным работам и пр.), хранится в курсе ДО в закрытом виде (банк вопросов), его резервная копия хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1.	Письменный опрос	Введение. Основные представления о роли математического моделирования	20	ПК-1
		Динамические модели и методы математического моделирования	8	ПК-1
2.	Расчётно-практическая работа	Динамические модели и методы математического моделирования	48	ПК-1
3.	Индивидуальное практическое задание	Жесткие и мягкие математические модели	20	ПК-1
4.	Дискуссия по теме занятия	Введение. Основные представления о роли математического моделирования Динамические модели и методы математического моделирования Жесткие и мягкие математические модели	54	ПК-1
<i>Промежуточная аттестация</i>				
	Зачет		-	ПК-1
	ИТОГО		150	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.2 – Письменный опрос

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество вопросов</i>
Корректность и точность ответов на вопросы Раздел № 1 – 5 баллов Раздел № 2 – 4 балла	15	2
Полнота ответов на открытые вопросы Раздел № 1 – 5 баллов Раздел № 2 – 4 балла		
Наличие и корректность примеров в ответах на вопросы Раздел № 1 – 5 баллов		
Количество и полнота приведенных примеров Раздел № 1 – 5 баллов		

Письменный опрос проводится с помощью курса ДО. Полный перечень вопросов хранится в банке вопросов курса ДО.

До начала опроса студентам доступны примерные вопросы по проверяемой теме.

Раздел № 1. Введение. Основные представления о роли математического моделирования.

Примерные вопросы из письменного опроса по разделу:

1. Сформулируйте, что понимается под моделью в общем случае. Приведите примеры.
2. Какие модели называют моделями физического подобия? Приведите примеры.
3. Опишите свойство моделей, называемое адекватностью. Всем ли создаваемым моделям оно должно быть присуще? Продемонстрируйте на примерах.
4. Какое материальное моделирование называют аналоговым? Приведите примеры.
5. Перечислите виды моделей по степени формализации. Продемонстрируйте на примерах.
6. Сформулируйте определение математической модели как некоторого математического оператора. Продемонстрируйте на примерах.
7. Какие математические модели называют детерминированными? Приведите примеры.
8. Опишите свойство математических моделей, называемое корректностью. Как осуществляется проверка корректности математической модели? Приведите примеры.
9. Опишите, в чем заключается математическая постановка задачи моделирования. Продемонстрируйте на примерах.
10. Приведите примеры явлений, которые могут быть изучаемы только методами математического моделирования.

Раздел № 2. Динамические модели и методы математического моделирования.

Примерные вопросы из письменного опроса по разделу:

1. Дайте определение динамической системы.
2. Что называют фазовым пространством.
3. Опишите фазовое пространство для модели математического маятника.
4. Дайте определение метрическому пространству.
5. Приведите пример метрического пространства.
6. Какое векторное пространство называют евклидовым?
7. Что такое нормированное пространство?
8. Приведите пример нормированного пространства.
9. Всякое ли нормированное пространство является метрическим? Ответ обоснуйте.
10. Дайте определение скалярному произведению двух векторов.

Таблица А.3–Расчётно-практическая работа

<i>Критерии оценки</i>			<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество заданий в одном варианте</i>
Наличие всех этапов моделирования			задание индивидуальное	По количеству этапов моделирования
часть 1 – 2 балла	часть 2 – 2 балла	часть 3 – 2 балла		
Корректность модели				
часть 1 – 2 балла	часть 2 – 2 балла	часть 3 – 2 балла		
Адекватность модели				
часть 1 – 2 балла	часть 2 – 2 балла	часть 3 – 1 балл		
Сложность модели				
часть 1 – 3 балла	часть 2 – 3 балла	часть 3 – 4 баллов		
Управляемость модели				
часть 1 – 2 балла	часть 2 – 2 балла	часть 3 – 1 балла		
Эволюционируемость модели				
часть 1 – 1 балл	часть 2 – 1 балл	часть 3 – 1 балл		
Интерфейс компьютерной модели				
часть 1 – 1 балл	часть 2 – 1 балл	часть 3 – 1 балла		
Оригинальность и креативность выполненного моделирования				
часть 1 – 2 балла	часть 2 – 2 балла	часть 3 – 3 балла		
Полнота информации в отчёте и логичность её изложения				
часть 1 – 1 балл	часть 2 – 1 балл	часть 3 – 1 балл		
ИТОГО:				
часть 1 – 16 баллов	часть 2 – 16 баллов	часть 3 – 16 баллов		

Расчётно-практическая работа является кейсовым заданием и состоит из трёх частей, каждая из которых оценивается и сдаётся отдельно.

В первой части работы каждый студент проходит все этапы создания математической модели на примере двух простейших моделей, получаемых из фундаментальных законов физики, когда влияние сил сопротивления среды не учитывается. Одна из этих моделей подробно рассматривается на лекционных и практических занятиях, студент самостоятельно выполняет компьютерное моделирование и анализ, полученных результатов. При этом преподавателем даётся подробное описание всех этапов, которые должны присутствовать в каждом моделировании, выполняемом в рамках работы, даются методические рекомендации, рассматривается оформление работы и требования к отчёту. Все методические материалы (образец титульного листа, учебно-методическая литература) размещаются в курсе ДО. Вторая модель полностью рассматривается студентом самостоятельно от этапа выбора объекта моделирования до компьютерного моделирования и анализа полученных результатов по аналогии с первой моделью.

Во второй части работы модели, рассмотренные на первом этапе, усложняются добавлением сил сопротивления среды. Все этапы моделирования студентом проходятся самостоятельно.

В третьей части пройденный материал закрепляется созданием одной из моделей на выбор студента. Работа на этом этапе выполняется самостоятельно.

По результатам выполнения каждой части расчётно-практической работы студентом оформляется отчёт, который пересылается на проверку преподавателю через курс ДО.

Возможные модели (каждая из следующих моделей имеет множество вариаций и различных реализаций, начиная от выбора входных параметров и заканчивая интерфейсом компьютерной модели, что привносит значительный индивидуальный компонент):

- Часть 1
 - Модель движения тела, брошенного под углом к горизонту;
 - Модель гармонического осциллятора;
- Часть 2
 - Модель движения тела, брошенного под углом к горизонту, с учётом силы сопротивления воздуха;
 - Модель осциллятора при наличии сил сопротивления среды (затухающие колебания);
- Часть 3
 - Модель, описывающая взлет космического аппарата с поверхности Луны/Марса;

- Модель, описывающая посадку спутника в атмосфере Земли;
- Модель, описывающая движение шарика в сферической ямке;
- Модель, описывающая движение срубленного дерева;
- Модель, описывающее движение заряженной частицы в магнитном поле;
- Модель, описывающая движение лыжника, выполняющего прыжок с трамплина;
- Модель всплытия подводной лодки;
- Модель связанных осцилляторов;
- Модель вынужденных колебаний математического маятника под действием внешней периодической силы;
- Модель маятника Фуко;
- Модель электрической цепи.

Таблица А.4–Индивидуальное практическое задание

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вариантов заданий</i>	<i>Количество заданий в одном варианте</i>
Корректность описания «жесткой» модели– 7 баллов	задание индивидуальное	2
Корректность описания «мягкой» модели – 7 баллов		
Полнота информации в отчёте и логичность её изложения – 6 баллов		

Индивидуальное практическое задание (ИПЗ) предполагает рассмотрение одной из моделей соперничества с описанием двух вариантов: «жесткая» и «мягкая» модели (2 задания соответственно). Задание не предполагает компьютерного моделирования. Все методические материалы (образец титульного листа, учебно-методическая литература) размещаются в курсе ДО. По результатам выполненного ИПЗ студентом оформляется отчёт и пересылается на проверку через курс ДО.

Возможные модели для рассмотрения:

- Модели, описывающих динамику популяции:
 - Модель популяции в среде с ограниченными пищевыми ресурсами (без хищников);
 - Взаимоотношения в системе «хищник-жертва»;
 - Модель популяции, в среде которой присутствует вирус, вызывающий гибель особей и распространяющийся с известной скоростью, зависящей от плотности популяции;
 - Модель популяции при наличии конкурирующих видов;
 - Модели Мальтуса и Ферхюльста;
- Модели войны;
 - Гонка вооружений между двумя странами;
 - Модель сражения двух армий;
 - Модель Ланкастера.

Таблица А.5 – Дискуссия по теме занятия

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вопросов в расчете на 1 ач</i>	<i>Количество баллов в расчете на 1 ач</i>
Активность участия в дискуссии	от 1 до 3	1
Корректность вопросов и соответствие их теме занятия		
Точность и полнота ответов		

Дискуссия и другие дискуссионные процедуры включаются во все проводимые лекционные и практические занятия. Они позволяют включить обучающихся в процесс обсуждения изучаемой темы, оценить их умение аргументировать свою точку зрения, используются для лучшего понимания студентами как теоретического материала, так и материала по теме выполняемой работы. Данные процедуры также позволяют развивать у

обучающихся речевой самоконтроль, логичность и чёткость формулировки своих мыслей, способность преобразовывать информацию, способность отвечать на вопросы, возникающие в процессе устной коммуникации, умение строить конструктивный диалог в процессе коммуникации в области профессиональной деятельности.

Например, на лекционном занятии при изучении типов моделей уместна дискуссия при обсуждении примеров различных типов моделей. Так преподаватель может поинтересоваться, является ли печатный текст информационной моделью, попросить аргументировать студентов свои ответы, привести примеры информационных моделей. На практическом занятии темой обсуждения может быть, например, интерфейс компьютерной модели, входные и выходные параметры модели, алгоритм реализуемого метода решения задачи и многое другое.

Приложение Б
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения
учебной дисциплины «Моделирование непрерывных процессов»

Таблица Б.1 – Основная литература*

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
Введение в математическое моделирование: учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер [и др.]; под ред. П. В. Трусова. - Москва: Логос, 2020. - 440 с. - ISBN 978-5-98704-637-1. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1211604 (дата обращения: 17.02.2020). – Режим доступа: по подписке.	19 (изд. 2000г.) 1 (изд. 2004г.)	ЭБС Znanium.com
Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры: монография / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 320 с. — ISBN 5-9221-0120-X. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/59285 (дата обращения: 17.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	1 (изд. 2001г.)	ЭБС «Лань»
Электронные ресурсы		
Маликов Р. Ф. Практикум по компьютерному моделированию физических явлений и объектов: Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во БашГУ, 2005 – 291с. - Текст: электронный. - URL: https://bspu.ru/files/70352 (дата обращения: 17.02.2020). – Режим доступа: свободный.		
Юдович, В. И. Математические модели естественных наук: учебное пособие / В. И. Юдович. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-1118-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/689 (дата обращения: 15.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		ЭБС «Лань»
Голубева, Н. В. Основы математического моделирования систем и процессов : учебное пособие / Н. В. Голубева. — 2-е изд., с измен. — Омск : ОмГУПС, 2019. — 95 с. — ISBN 978-5-949-41238-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/129153 (дата обращения: 17.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	4 (изд. 2013г.)	ЭБС «Лань»
Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. — М.: МЦНМО, 2004. — 32 с.: ил. — ISBN 5-94057-134-4. — Текст : электронный. - URL: http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/d62a30c8-a780-11dc-945c-d34917fee0be/09_arnold-models.pdf (дата обращения: 17.02.2020). – Режим доступа: свободный.		

*См. требования п. 4.3.3 ФГОС 3++ (как правило, при использовании в образовательном процессе печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра на каждого из изданий, указанных в рабочих программах дисциплин (модулей), на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль)).

Таблица Б.2 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
Семенов М.Г. Введение в математическое моделирование. - М. : Солон-Р, 2002. - 111с. : ил. - Библиогр.: с. 108-109. - ISBN 5-93455-125-6 : 40.00.	1	
Функциональный анализ : учеб.-метод. пособие. Ч. 1 : Метрические пространства. Теория и задачи с решениями / сост. С. И. Эминов ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2008. - 68 с. - Библиогр.: с. 68. - Б. ц. - 20.00, 100 экз.	13	
Функциональный анализ : учеб.-метод. пособие. Ч. 2 : Нормированные пространства. Теория и задачи с решениями / сост. С. И. Эминов ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2009. - 64 с. - Библиогр.: с. 64. - Б. ц. - 20.00, 100 экз. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-338	41	ЭБС БиблиоТех
Бакушинский А. Б. Элементы функционального анализа : учеб. пособие для вузов / А. Б. Бакушинский, Ю. И. Худак. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2013. - 187, [2] с. : ил. - (Высшее профессиональное образование, Математика) (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 183. - ISBN 978-5-7695-9744-2 : (в пер.) : 790.63, 1000 экз.	1	
Кузнецов А. П. Линейные колебания и волны: сб. задач : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физ. спец. / Федер.целевая прогр."Гос.поддержка интеграции высш.образования и фундам.науки на 1997-2000 гг.". - М. : Физматлит, 2001. - 127,[1]с. - (Современная теория колебаний и волн). - Библиогр.:с.128. - ISBN 5-94052-023-5 : 34.00.	10	
Электронные ресурсы		
Бичегкуев, М. С. Метрические пространства : теория, задачи, решения / М. С. Бичегкуев. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-4344- 0617-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/91962.html (дата обращения: 17.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей		ЭБС IPR BOOKS
Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебное пособие / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. — 7-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 572 с. — ISBN 978-5-9221-0266-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2206 (дата обращения: 17.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		ЭБС «Лань»
Звонарев, С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.В. Звонарев. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-7996-2576-4. Текст : электронный. - URL: https://elar.urfu.ru/handle/10995/68494 (дата обращения: 17.02.2020). — Режим доступа: свободный.		

Зав. кафедрой Иванова Иванова А.С.
 « 12 » 02 2020 г.
подпись И.О.Фамилия

